

Lehrbuch der praktischen geologie

Konrad Keilhack

NATURWISSENSCHAFTLICHE LEHRBÜCHER

LEHRBUCH

DER

PRAKTISCHEN GEOLOGIE.

ARBEITS- UND UNTERSUCHUNGSMETHODEN

AUF DEM GEBIETE DER

GEOLOGIE, MINERALOGIE UND PALAEONTOLOGIE.

VON

DR. KONRAD KEILHACK,
Kgl. Preussischem Landesgeologen in Berlin.

MIT 2 DOPPELTAFELN UND 232 FIGUREN IM TEXT.

STUTTGART.
VERLAG VON FERDINAND ENKE.
1896.

Druck der Union Deutsche Verlagsgesellschaft in Stuttgart.

Vorwort.

Das vorliegende Werk verdankt seine Entstehung dem Wunsche des Verlegers, zu dem „Botanischen Praktikum“ ein Seitenstück auf dem Gebiete der Geologie in dem „Cyklus naturwissenschaftlicher Lehrbücher“ zu veröffentlichen. Ich unterzog mich dem Antrage, ein derartiges Werk zu verfassen, um so lieber, als unsere deutsche Litteratur ein ähnliches überhaupt nicht besitzt, und in der französischen und englischen nur Anfänge zu einem solchen sich finden. A. Geikie's „Outlines of fieldgeology“ behandeln in gedrängter Form einen Theil des in meiner Arbeit Dargestellten, und Nivoit's „Géologie appliquée“ scheint mir ihren Titel sehr zu Unrecht zu tragen, da sie in der Hauptsache allgemeine und historische Geologie ohne praktische Gesichtspunkte erörtert. Auch Grenville Cole's „Aids in practical geology“ halten durchaus nicht, was der Titel verspricht, da im Wesentlichen nur petrographische Untersuchungsmethoden und ein zoologisches System der wichtigeren Fossilien darin gegeben werden. Den beiden englischen Werken, besonders demjenigen von Geikie, konnten indessen, wie der Verfasser mit Dank anerkennt, eine Reihe von Gesichtspunkten entnommen werden. Die deutsche Litteratur enthält mehrere Werke, die für das eine oder andere Kapitel vortreffliches Material lieferten. Ich nenne an dieser Stelle die folgenden: v. Richthofen, Führer für Forschungsreisende, für das 12., 13. und 30. Kapitel; v. Fritsch, Allgemeine Geologie, für das 24. Kapitel; Lueger, Die Wasserversorgung der Städte, für das 35. und 36. Kapitel. Andere für das eine oder andere Kapitel benützte Werke sind an den betreffenden Stellen speziell genannt. Für den zweiten Theil des Buches, Arbeiten im Hause, stand eine ganze Reihe von Werken zur Verfügung, die zum Theil in umfangreicher Weise benützt und an den betreffenden Stellen speziell angeführt sind.

Was die Ausführung dieses zweiten Theiles im Besonderen anbetrifft, so habe ich darin alle die Disziplinen, die in besonderen

Lehrbüchern dargestellt sind und zum Theil in besonderen Vorlesungen an unseren Hochschulen behandelt werden, fort gelassen, vor Allem also die optisch-mineralogischen Untersuchungsmethoden und die Löthrohrprobirkunst. Der Umfang des Werkes wäre sonst noch weit mehr über den ursprünglich geplanten hinausgewachsen.

Für den ersten Theil, die Arbeiten im Felde, und den dritten, die paläontologischen Sammel- und Präparationsmethoden, hatte ich mich der Unterstützung durch meine Kollegen an der geologischen Landesanstalt zu erfreuen. Dank schulde ich in dieser Beziehung Herrn Prof. Beyschlag, der mir bei Abfassung des 43. Kapitels half, Herrn Dr. Potonié, der das 70. Kapitel auf meine Bitte verfasste und Herrn Dr. Müller, der mir mit seinen Erfahrungen für das 76. Kapitel zur Seite stand; ferner Herrn Prof. Nehring, der mir eine Anzahl werthvoller Winke für das 77. Kapitel zu Theil werden liess. Ganz besonderen Dank aber habe ich meinem lieben Freunde und Kollegen, Herrn Kgl. Bezirksgeologen Dr. Ernst Zimmermann abzustatten. Derselbe hat nicht nur fast jedes Kapitel des ersten Theiles mit mir auf das Eingehendste durchgesprochen und mich dabei durch zahllose werthvolle Fingerzeige erfreut, sondern auch das gesammte Werk mit in Korrektur lesen helfen und es mir so ermöglicht, zahlreiche Verbesserungen noch während des Druckes vorzunehmen. Dem Herrn Verleger bin ich für die reiche, sorgfältige Ausstattung mit Illustrationen und Tafeln zu lebhaftem Danke verpflichtet.

Ich gebe dem Wunsche Ausdruck, dass die „Praktische Geologie" älteren Studirenden der Naturwissenschaften, Lehrern dieses Faches an höheren Schulen, jüngeren kartirenden Geologen, Bergleuten und Ingenieuren, und allen Freunden und Liebhabern der Geologie ein willkommenes Nachschlagebuch werden möge. Auch hoffe ich, dass die älteren, erfahrenen Fachgenossen nicht nur gern von dieser Zusammenstellung eines entweder weit zerstreuten oder überhaupt nicht veröffentlichten Materials Gebrauch machen werden, sondern mich auch durch Mittheilungen über neuere, von ihnen erprobte Methoden erfreuen werden, die mich in den Stand setzen könnten, eine eventuelle zweite Auflage in wahrhaft vermehrter und verbesserter Form erscheinen zu lassen.

Berlin, im September 1896.

Der Verfasser.

Inhalts-Verzeichniss.

Arbeiten im Felde.

A. Die geologische Kartenaufnahme.

B. Untersuchungsmethoden, das Wasser betreffend.

I. Offene Wasserflächen.

II. Unterirdische Gewässer.

D. Einige besondere Methoden.

Arbeiten im Hause.

A. Methoden der Bodenuntersuchung.

Paläontologische Methoden.

Die unter den Begriff „praktische Geologie“ fallenden Arbeiten lassen sich zweckmässig in solche eintheilen, die im Felde ausgeführt werden, und in solche, die zur Sicherung und Erweiterung der dort gewonnenen Ergebnisse im Studirzimmer und Laboratorium zur Ausführung gelangen. Soweit es möglich war, ist im Folgenden der Stoff nach diesen beiden Hauptgesichtspunkten gegliedert worden. In allen Fällen war dies nicht angängig, da z. B. bei der geologischen Kartenaufnahme die Arbeit im Felde mit derjenigen im Zimmer zu innig verknüpft ist, als dass in der Darstellung eino Zerreissung beider zulässig wäre.

Arbeiten im Felde.

A. Die geologische Kartenaufnahme.

Kapitel 1.

Die Feldausrüstung des Geologen.

Dieselbe setzt sich aus folgenden Gegenständen zusammen:

1. Der Hammer,
2. der Kompass mit Azimuthvorrichtung und Klinometer,
3. der Bohrer mit dem Schlägel,
4. die Lupe,
5. Blei- und Buntstifte,
6. Salzsäurefläschchen,
7. Zirkel,
8. Messer,
9. Notizbuch,
10. Umhängetasche,
11. Karten.

Dazu kommen für bestimmte Fälle noch folgende weiteren Ausrüstungsgegenstände:

12. Aneroidbarometer,
13. Horizontglas,
14. Taschenthermometer,
15. Opernglas,
16. Meissel,
17. Packpapier.

1. Der Hammer. Derselbe muss aus vorzüglichstem Stahl gearbeitet sein und muss einen so grossen Härtegrad besitzen, wie er sich nur immer ohne zu grosse Sprödigkeit erreichen lässt. Der Stiel muss aus möglichst zähem Holze (wilder Birnbaum oder amerikanisches Hickoryholz) angefertigt sein und eine Länge von etwa 40 cm besitzen. Die Form der Hämmer ist in den verschiedenen Ländern und bei den verschiedenen geologischen Schulen sehr verschieden, und Jeder thut am besten, durch Probiren die ihm am meisten zusagende Hammerform zu ermitteln. Als allgemeine Regeln haben folgende zu gelten [1]): Das eine Ende des Hammers muss scharf, das andere stumpf sein; die Schneide des keilförmigen scharfen Endes kann dem Stiel parallel laufen; hat man aber viel im geschichteten Schiefergebirge zu arbeiten oder viel zu schürfen, so ist auch eine quer zum Stiele stehende Schneide ganz zweckmässig. Auch zum Schlagen von Handstücken scheint eine quer stehende Schneide geeigneter zu sein. Die Schneide muss ziemlich scharf sein, der Winkel darf 45° nicht überschreiten. Das stumpfe Ende muss ein rechtwinkliges Parallelepiped mit rechteckigem bis quadratischem Querschnitt sein; die längeren Seiten des Rechtecks müssen dem Stiel parallel laufen. Die Durchbohrung muss so liegen, dass der Schwerpunkt des Hammers in ihre Achse fällt und sie muss oben weiter sein als unten, damit der durch einen hölzernen oder eisernen Keilverschluss am Stiele befestigte Hammer beim Schlagen nicht abfliegen kann. Man trägt den Hammer entweder an einem ledernen, um den Leib geschnallten Gurt auf der Seite (s. auch Fig. 2), oder in zwei Riemen an der ledernen Umhängetasche, oder mit dem Stiele nach unten im hinteren Hosenbund, wo er beim Gehen so gut wie gar nicht stört. Auch zwischen zwei Knöpfen der Weste kann man den Stiel nach unten hindurchstecken und hat den Hammer dann immer bequem zur Hand.

Hat man bestimmte Zwecke im Auge, so ist es unter Umständen nöthig, mehrere Hämmer mit sich zu führen. Wenn man z. B. Versteinerungen gewinnen oder eine Suite von Handstücken schlagen will, ist es zweckmässig, einen grösseren Hammer zum Zertrümmern grösserer Gesteinsstücke bei sich zu haben. Auch ein ganz kleiner, leichter Hammer wird zum Herausklopfen kleiner Versteinerungen oft von Nutzen sein. Der Stiel des letzteren kann zur Erhöhung der Elasticität aus einem Stück Rappierklinge bestehen.

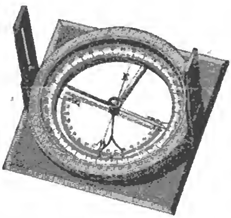
---

[1]) Richthofen, Führer für Forschungsreisende, S. 15.

2. Der Kompass hat mehreren Zwecken zu dienen: Man stellt nicht nur im Allgemeinen die Himmelsrichtung mit ihm fest, sondern bedient sich seiner auch zur Bestimmung der Richtungen des Verlaufes und der Neigung von geschichteten Gesteinen, Gängen u. a. (Streichen und Fallen). Der Kompass muss eine gewisse Grösse haben, damit die Ablesungen mit möglichster Genauigkeit erfolgen können. Dazu ist ein Durchmesser des Theilungskreises von wenigstens 6 cm erforderlich. Das runde Gehäuse des Kompasses muss auf einer quadratischen Messingplatte so befestigt sein, dass die Nordsüdlinie einer Seite derselben parallel läuft. Sehr zweckmässig ist es, wenn der ganze Kompass in einem sorgfältig gearbeiteten Holzkasten aufbewahrt ist, der in geöffnetem Zustande eine der Nordsüdlinie parallele Seitenlinie von $1\frac{1}{2}$—2 dcm Länge liefert. Man öffnet dann den Kasten, hält diese Seitenlinie parallel zu derjenigen Linie, deren Abweichung vom Meridian man ermitteln will, und kann nun aus der Stellung der Magnetnadel das Resultat direkt feststellen, sobald, wie beim geologischen Kompass die Regel, Ost und West vertauscht sind. Der Theilungskreis muss in 360 Grade eingetheilt sein. Die alte bergmännische Eintheilung des Kompasses in zweimal 12 Stunden allein ist heute nicht mehr sehr verbreitet, und Bezeichnungen, wie: „Streichen hora 6—7“ sind in den meisten Fällen nicht mehr hinreichend genau. Vielfach sind Kompasse im Gebrauche, die sowohl die Stundeneintheilung, wie diejenige in Grade tragen. Die bergmännische Stundeneintheilung schreibt sich aus der Zeit her, als es noch keinen Kompass gab. Damals bestimmte man die Richtung eines Ganges nach der Stunde, in welcher die Schattenrichtung dem Gange parallel lief. Mittags um 12 fällt der Schatten nach Süden, das Nordsüdstreichen heisst daher hora 12, Morgens um 6 nach Westen, daher streichen ostwestliche Gänge in hora 6. Die Stunde hat 15^{0}, doch bedient man sich selten genauerer Bezeichnungen, wie z. B. hora $6\frac{1}{2}$. Man ist übrigens bei Sonnenschein und im Besitze einer richtig gehenden Uhr jederzeit im Stande, die Nordsüdlinie festzustellen und dadurch sich im Raume zu orientiren. Die Nordsüdlinie weicht von der jeweiligen Richtung des Schattens um die Hälfte des Winkels ab, den der kleine Zeiger zur Zeit der Beobachtung mit seiner Mittagsstellung bildet. Um 10 Uhr Vormittags liegt also die Nordsüdlinie so, dass sie durch die Mittagslinie der Uhr bezeichnet wird, wenn man den Schatten mit der Stellung des kleinen Zeigers um 11 Uhr zusammenfallen lässt. (Die Hälfte von zwei Stunden von 12 entfernt.)

Will man die Richtung vom Beobachter nach einem entfernten Gegenstande hin feststellen, so bedient man sich der an einem geologischen Kompass leicht anbringbaren Azimuthvorrichtung (Fig. 1). Dieselbe besteht aus einem einfachen Visir zum Aufklappen, welches sich aus zwei senkrecht stehenden Stäbchen zusammensetzt, von denen dasjenige am Südende der Gradeintheilung mit einem Schlitz, dasjenige am Nordende mit einem Faden versehen ist. Wenn das Instrument eine Vorrichtung zum Aufschrauben auf ein kleines Stativ besitzt, so wird die Schärfe der Beobachtung noch erhöht.

Fig. 1.



Kompass mit Azimuth u. Klinometer.

Mit dem geologischen Kompass ist ein Klinometer verbunden; es ist das eine Vorrichtung, um die Neigung einer Fläche gegen den Horizont zu bestimmen. Innerhalb des grossen Theilungskreises ist noch ein halber Kreis von einem mit dem West- oder Ostpunkt des Kompasses zusammenfallenden Nullpunkte aus nach beiden Seiten hin in je 90° eingetheilt. Ein unter der Nadelaufhängung befestigtes bewegliches Pendel ermöglicht eine direkte Ablesung der gesuchten Neigung.

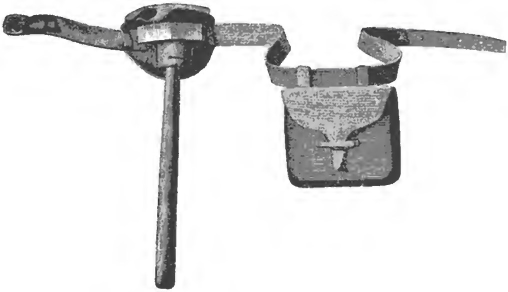
Der Kompass wird zweckmässig in einer ledernen Tasche aufbewahrt, die vorn am Leibgurt befestigt ist (Fig. 2). Für unmittelbaren Handgebrauch in Fällen, wo grössere Genauigkeit nicht geboten ist, thut man gut, noch einen kleinen handlichen Kompass von Uhrform in der Westentasche bei sich zu führen.

3. Die Bohrer. Ein sehr wichtiges Ausrüstungsstück für den Geologen ist ein handlicher Bohrer. Bei Arbeiten in Gebieten mit losen, schüttigen Bildungen, also z. B. im Glazialgebiete Norddeutschlands, ist er ganz unentbehrlich, aber auch bei der geologischen Arbeit im älteren Gebirge könnte er mit gutem Erfolge weit häufiger Verwendung finden, als das bislang meistens der Fall war. Nach langjährigen Versuchen haben sich bei der geologischen Landesanstalt in Berlin die nachstehend abgebildeten und beschriebenen Bohrer als die zweckmässigsten erwiesen (Fig. 3, 4 und 6).

Ein eiserner Stab von 1—1½ cm Durchmesser und 1 resp. 2 m Länge ist am unteren Ende kurz zugespitzt und oberhalb der Spitze auf einer Länge von 30 cm ausgekehlt. Bei dem 1 m-Bohrer ist der Griff fest mit dem Bohrer verbunden (Fig. 3) und besteht aus einem

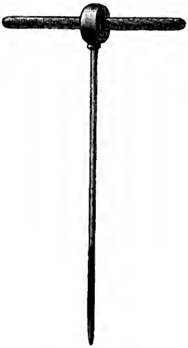
Holzstab, der in einer ringförmigen Erweiterung des oberen Bohrerendes steckt. Dagegen ist der Griff des 2 m-Bohrers, wie die Ab-

Fig. 2.



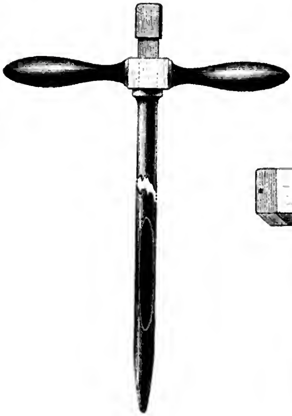
bildung Fig. 4 zeigt, mit einem beweglichen eisernen Griffe versehen, der oben durch eine ambosartige Verbreiterung der Achse

Fig. 3.



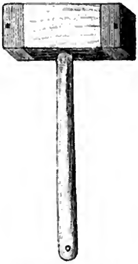
Einmeterbohrer.

Fig. 4.



Zweimeterbohrer.

Fig. 5.



Schlägel zum Bohren.

festgehalten wird. Der Griff ist deshalb beweglich, weil feste Eisengriffe durch die zahllosen Hammerschläge leicht Risse bekommen

und abbrechen. Diese Bohrer benützt man in der Weise, dass man zunächst den 1 m-Bohrer durch gleichmässigen Druck senkrecht bis etwas oberhalb des Löffels in den Boden hineintreibt. Dann wird der Bohrer einmal herumgedreht und herausgezogen, und mit einem Hölzchen oder dem Bleistiftende der Inhalt aus dem Löffel entfernt. Hierauf wird der Bohrer in demselben Loche auf zwei Drittel seiner Länge hineingedrückt und beim dritten Male ganz. Verfährt man dann ebenso mit dem 2 m-Bohrer, so hat man in den sechs herausgeholten Proben ein vollständiges Profil bis zur Tiefe von 2 m. Lässt sich der Bohrer durch blossen Druck nicht tiefer in den Boden hineinbringen, so hat der Hammer in Thätigkeit zu treten. Ich habe die nachstehend abgebildete Form als die zweckmässigste gefunden. Ein parallelepipedisches Stück vollkommen trockenen zähen Holzes von etwa 7 × 7 × 18 cm Seitenlänge trägt in einer ganz hindurchgehenden Durchbohrung einen Stiel, der aus dem Schlagklotz etwa 30 cm hervorragt. Der Klotz trägt an seinen beiden Enden heiss aufgelegte eiserne Reifen, die auf allen vier Seiten mit langen starken Schrauben befestigt sind und ein Zersplittern des Holzes durch die zahllosen Schläge auf den verhältnissmässig kleinen Ambos des 2 m-Bohrers verhindern.

Fig. 6.



Bohrstock.

Für den Gebrauch bei geologischen Reisen und in den Fällen, wo man nicht einen Begleiter bei sich hat, der das Bohrzeug tragen und die Bohrungen ausführen kann, ist ein kleiner Stockbohrer mit Futteral in der nebenstehend abgebildeten Form sehr zweckmässig. Derselbe ist bis auf den Griff ebenso eingerichtet wie der 1 m-Bohrer. Seine Länge wählt man am besten nach derjenigen eines zur eigenen Körpergrösse passenden Spazierstockes. Bohrer der beschriebenen Art sind käuflich zu haben bei dem Mechaniker der geologischen Landesanstalt in Berlin, Herrn Nagel, Invalidenstrasse 44, und bei dem Maschinenfabrikanten Herrn Toellner in Hahnerberg bei Elberfeld.

Bei der Ausführung der Bohrungen sind noch folgende Punkte zu beobachten:

a) Die Stelle, wo man bohrt, muss frei von Vegetation, dürrem Laub oder staubtrockenem Boden sein, da man im ersteren Falle sie

oft nicht wieder findet, im letzteren durch Nachfallen von oben verunreinigte, schlecht erkennbare Proben erhält.

b) Beim Gebrauch von Bohrern mit losem Griffe gewöhne man den Arbeiter daran, den Griff erst leise bis an den Ambos zu heben, da der Mann anderenfalls sehr leicht schmerzhafte, schlecht heilende Quetschwunden erhält.

c) Man gewöhne sich daran, nach dem Herausziehen des Bohrers den Löffel recht sorgsam zu reinigen, da sitzen gebliebene Reste, z. B. von kalkhaltigen Bildungen, bei der nächsten Bohrung leicht zu falschen Schlüssen führen können.

d) Man drehe während des Bohrens in steinigem Boden den Bohrer öfter um, um sich zu überzeugen, dass er nicht krummgebogen ist, beachte sorgsam den Ton des Hammers beim Einschlagen und lasse bei plötzlicher Aenderung des Tones den Bohrer herausziehen, da dann gewöhnlich ein Stein als Hinderniss vorliegt. Dieser Verdacht wird durch weisses Gesteinsmehl an der Spitze des Bohrers bestätigt. Kleine Steine lassen sich übrigens oftmals durch einige leise, vorsichtige Schläge zur Seite schieben.

e) Aus vollkommen mit Wasser durchtränkten Sanden, sowie aus groben Granden bringt der Bohrer keine Probe herauf.

4. Lupe. Am zweckmässigsten ist eine Lupe von kurzer Brennweite und nicht zu kleinem Gesichtsfelde, deren Linse durch eine Messinghülse geschützt wird. Eine 2—3malige Vergrösserung genügt.

5. Für Notizen auf der Karte sind die etwas harten Bleistifte Nr. 4 von Faber am zweckmässigsten, da sich damit sehr kleine Zeichen deutlich ausführen lassen und nicht leicht verwischen. Es ist aber durchaus nothwendig, und man mache es sich zur strengsten Regel, die Kartennotizen sobald wie möglich, und thunlichst noch am gleichen Tage durch solche mit unverwaschbarer schwarzer oder bunter Ausziehtusche zu ersetzen. Man kann dann etwaige Zweifel an der Bedeutung eines Zeichens aus dem Gedächtnisse viel leichter lösen und läuft nicht Gefahr durch Verwischung, Feuchtigkeit oder Schmutz die eine oder andere Notiz ganz zu verlieren. Für das Notizbuch und die Zeichnung von Profilen ist ein etwas weicherer Bleistift, etwa Nr. 3 der Faber'schen Skala, vorzuziehen, doch thut Jeder am besten, darin seinem Geschmacke zu folgen. Zur farbigen Ausführung von Karten und Profilen dient eine Anzahl von bunten Pastellstiften, in möglichst deutlich unterscheidbaren Farben. Die Wahl der Farben für die einzelnen

geognostischen Formationen ist an sich etwas Gleichgültiges. Doch erleichtert man sich selbst und anderen die Arbeit des Kartenlesens, wenn man an den einmal gewählten Farben dauernd festhält und von vornherein sich möglichst der für die internationale Karte von Europa festgestellten Farben bedient. Es sind das folgende:

Alluvium: blassgrün,	Karbon: dunkelgrau,
Quartär: graugelb,	Devon: gelbbraun,
Tertiär: hellgelb bis dunkelgraugelb,	Silur: blaugrün,
Kreide: gelbgrün,	Kambrium: graugrün,
Jura: blau,	Archäische Schiefer: hellkarmin,
Trias: violett,	Eruptivgesteine: dunkelkarmin bis orange.
Zechstein: rehbraun,	

6. Ein sehr zweckmässiger Ausrüstungsgegenstand der Feldgeologen ist ein Fläschchen mit Salzsäure zur Prüfung auf Karbonate. Man bedient sich dazu zweckmässiger Weise eines Tropffläschchens von etwa 20 ccm Inhalt, welches mit einem Gemisch von 1 Theil roher concentrirter Salzsäure und 3 Theilen Wasser gefüllt ist und in einem genau passenden Cylinder aus Hartgummi (Fig. 7) aufbewahrt wird, der durch einen aufschraubbaren Deckel verschlossen wird [1]). Man trägt das Fläschchen aufrecht stehend in einer dafür passenden Tasche, eventuell zum Schutze der Kleidung noch in Pergamentpapier eingeschlagen.

Fig. 7.



Säurebüchse.

7. Zum Abmessen von Entfernungen auf dem Massstabe dient ein kleiner Taschenzirkel mit scharfen Spitzen, dessen Tastende durch eine aufzuschraubende Messinghülse vor Verletzungen geschützt wird. An seiner Stelle kann auch ein kleiner fester Massstab auf einem Holz-, Knochen- oder Elfenbeinplättchen oder ein mit Zähnen in entsprechendem Abstande versehenes Zahnrädchen benützt werden.

8. Ein gutes Taschenmesser dient zum Schärfen der Stifte, zum Untersuchen der Härte von Mineralien und kann schliesslich, wenn eine seiner Klingen durch Streichen mit einem Magneten magnetisch gemacht ist, als Ersatz für einen solchen dienen.

---

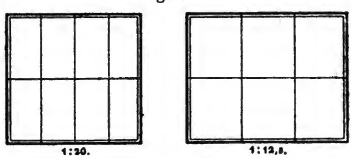
[1]) Käuflich zu haben zum Preise von 8 Mark bei Miersch, Berlin, Friedrichstrasse 66.

9. Ein Notiz- und Skizzenbuch, am besten nach Art der von Malern benutzten, an einer schmalen Seite gebundenen Bücher.

10. Ein Rucksack oder eine Umhängetasche dient zur Aufbewahrung des Proviants und einiger Ausrüstungsgegenstände, sowie zum Transport des gesammelten Materials. Nach meinen Erfahrungen ist der Rucksack unter den unzähligen verschiedenen Taschen, Ranzen, Tornistern u. s. w. für den Geologen am geeignetsten. Wer eine Tasche vorzieht, sollte mindestens eine solche Anordnung des Riemenwerkes anbringen lassen, dass die Tasche sich auch als Tornister tragen lässt. Eine mit Gesteinsproben tüchtig beschwerte Tasche auf einer Schulter zu tragen, ist auf die Dauer sehr ermüdend.

11. Von ganz ausserordentlicher Wichtigkeit ist das Kartenmaterial. Es wird in Kapitel 2 eine nähere Würdigung des für die einzelnen Gebiete Deutschlands zur Verfügung stehenden Kartenmaterials gegeben werden. An dieser Stelle sei nur erwähnt, dass Jeder, der sich mit geologischen Untersuchungen im Felde beschäftigt, immer die besten Karten benützen muss. Dieselben müssen auf Leinwand aufgezogen und so zerschnitten sein, dass das einzelne Schnittstück ein bequemes und handliches Format besitzt und bequem in die innere Brusttasche hineinpasst. Bei unseren deutschen Messtischblättern ist ein achttheiliger Schnitt (Fig. 8, links), bei den 100 000theiligen Generalstabskarten ein sechstheiliger (Fig. 8, rechts) am zweckmässigsten. Der Längen- und Böschungsmassstab wird auf die Leinwand der Aussenseite aufgeklebt, eine Kopie desselben zum Handgebrauche kann man auch am Rande der inneren Kartenseite anbringen. Die Karten werden am besten in einer festen Mappe von gleichem Formate aufbewahrt, die im Innern durch eine starke Gummischnur eine Befestigung derselben gestattet.

Fig. 8.



12. Unter denjenigen Gegenständen, die gelegentlich für den Geologen nothwendig werden, ist in erster Linie ein Aneroidbarometer zu erwähnen. Wenn es sich darum handelt, an höheren Gehängen die absolute oder relative Höhe des Ausstreichens einer Schicht festzustellen und in die Karte einzutragen, wird eine barometrische Höhenbestimmung in allen denjenigen Fällen sich nicht

umgehen lassen, in welchen die Karte keine Anhaltspunkte für die Beurtheilung der erlangten Höhe bietet, oder wenn das betreffende Gehänge mit Wald bewachsen ist. Das Barometer ist zweckmässig mit doppeltem Theilkreise versehen, einem inneren, feststehenden, auf welchem der Luftdruck in Millimetern abzulesen ist und einem äusseren, drehbaren, welcher die dem mittleren Luftdruck entsprechende Höhenskala trägt. Beide müssen mindestens einen solchen Durchmesser haben, dass man Höhendifferenzen von 5 m noch ablesen kann. Da es sich zumeist nur um Bestimmung von dem Unterschied der Höhe eines Punktes gegenüber derjenigen bekannten eines anderen Punktes handeln wird, so verfährt man so, dass man an dem Punkte bekannter Höhe den beweglichen Theilungskreis auf den augenblicklichen Barometerstand einstellt; dann kann man absolute Höhe und Höhendifferenz des gesuchten Punktes unmittelbar ablesen. Man kann die Ablesung mit Hülfe der Lupe einige Male wiederholen und aus den verschiedenen Ablesungen das Mittel nehmen.

13. In vielen Fällen wird ein Horizontglas gute Dienste leisten, besonders in Gebieten, in welchen man sich mit Karten ohne Höhenlinien oder mit solchen von geringer Zuverlässigkeit behelfen muss. Das Horizontglas ist eine ungefähr 20 cm lange Röhre, an deren einem Ende sich ein kleines rundes Visir befindet, während am anderen in der Mitte der Oeffnung ein Faden gespannt ist. Durch eine prismatische Vorrichtung sieht man, wenn das Instrument genau horizontal steht und der Faden ebenso gerichtet ist, eine in einer kleinen Libelle befindliche Luftblase, sobald sie in der Mitte steht, von einem zweiten, am Prisma angebrachten Faden durchschnitten. Der erste Faden bezeichnet alsdann den Horizont [1]).

Man kann mit Hülfe dieses Instrumentes mancherlei werthvolle Beobachtungen machen: steht man beispielsweise auf einer alten Flussterrasse, so kann man durch das Glas die gleiche Höhe auf der gegenüber liegenden Thalseite feststellen und eventuell drüben die nämliche Terrasse wieder erkennen.

14. Ein kleines Taschenthermometer in Messing- oder Nickelhülse dient zur raschen Bestimmung der Temperatur von Quellen.

15. Ein leichter, aber scharfe Bilder gebender Krimstecher ist für viele Fälle angenehm und werthvoll.

16. Einige kleine Meissel von hartem Stahl in verschiedener

---

[1]) Zu haben bei der Firma Bonsack in Berlin O. Grüner Weg 104.

Grösse werden zur Gewinnung von Petrefakten, Mineralien, Ausscheidungen aus einer glatten, grösseren Felswand oft unentbehrlich sein.

17. Zur Aufbewahrung gesammelter Gesteine, Petrefakten und Mineralien dienen weiches Packpapier für widerstandsfähige Stücke, Schachteln und Glasröhren mit Wattefüllung oder eine Einhüllung in Moos für zerbrechliche, zarte Gegenstände. Näheres über die Verpackung siehe in den Schlusskapiteln.

Einige nur bei ganz bestimmten Gelegenheiten in Anwendung kommende weitere Hülfsmittel sind an den entsprechenden Stellen des Textes angegeben und beschrieben.

Kapitel 2.

Die topographische Kartenunterlage.

Der geologischen Aufnahmearbeit ist eine topographische Karte zu Grunde zu legen, und zwar wählt man dazu die beste, neueste und in grösstem Massstabe angefertigte Karte aus, die es für die betreffende Gegend giebt. Dieses Material ist aber für die verschiedenen Länder sehr ungleich und selbst in den einzelnen Ländern des Deutschen Reiches und den einzelnen Provinzen Preussens sehr ungleichwerthig. Wie bekannt, ist der preussische Generalstab damit beschäftigt, vom ganzen Gebiete des preussischen Staates und der ihm militärisch angeschlossenen Staaten eine Aufnahme im Massstabe von 1 : 25000 auszuführen. Bei dieser sogenannten Messtischblattaufnahme werden die Höhenverhältnisse durch Linien ausgedrückt, welche Punkte von gleicher Höhe mit einander verbinden. Als Nullpunkt dient ein unter der Berliner Sternwarte markirter Punkt, der als Normalnull bezeichnet wird und ziemlich genau mit dem Ostseemittelwasser übereinstimmt. Die Höhenlinien werden von 5 zu 5 m, wo es irgend möglich ist, vollständig in die Karte eingetragen, das dazwischen liegende Gelände wird, wenn es flach ist, durch Hülfslinien veranschaulicht, deren drei zwischen je zwei 5 m-Linien liegen können, so dass sie einen Abstand von je $1\frac{1}{4}$ m haben. Zur leichteren Unterscheidung sind die Höhenlinien von 20, 40, 60, 80, 100 m u. s. w. mit starken ununterbrochenen Linien, diejenigen von 10, 30, 50, 70, 90 m u. s. w. mit etwas schwächeren ununterbrochenen Linien, diejenigen von 5, 15, 25, 35 m u. s. w. Meereshöhe mit kurz unterbrochenen und die Hülfslinien zwischen den

5 m-Linien durch gestrichelte Linien ausgedrückt. Bei steileren Gehängen werden nur die Linien von 10 zu 10 m, bei sehr steilen nur die 20 m-Linien ausgezogen.

Von den mit Meterhöhenlinien aufgenommenen Messtischblättern sind bis Ende 1896 etwa 2000 Blätter veröffentlicht, während noch ca. 1700 fehlen, die auf die Provinz Ostpreussen, den grösseren Theil von Westpreussen und Theile der Provinzen Hannover, Sachsen, Hessen-Nassau, Rheinland, Westfalen und Brandenburg entfallen. Ebenso fehlen noch grössere Theile von Oldenburg, Braunschweig, Lippe, Waldeck u. s. w., die gleichfalls vom preussischen Generalstabe aufgenommen werden, während die Grossherzogthümer Mecklenburg vollständig aufgenommen sind. Die älteren Messtischblattaufnahmen vor dem Jahre 1873 sind mit Höhenlinien im Abstande von 15, 25, 30 oder 50 preussischen Dezimalfuss ausgeführt und tragen zum Theil Bergschraffur, die bei den neueren Blättern nur in besonderen Fällen als Hülfsmittel zur Anwendung gelangt.

Von den übrigen deutschen Ländern liegen Karten 1 : 25000 vor von:

Elsass-Lothringen vollständig.

Baden vollständig in 170 Blättern.

Württemberg bis jetzt erst 6 von 184 Blättern, wie diejenigen von Baden in dreifarbigem Kupferdruck.

Bayern 284 von 901 Blättern in Photolithographie.

Sachsen vollständig in dreifarbigem Kupferstich.

Hessen-Darmstadt erst 13 Blätter.

1 : 50000 giebt es eine Karte des Landes um Berlin in 60 Blättern, sowie eine Anzahl Garnisonumgebungskarten, eine topographische Karte vom ehemaligen Kurfürstenthum Hessen in 112 Blättern, eine solche von Baden in 55 Blättern, von den hohenzollernschen Landen in 9 Blättern, alle diese vom preussischen Generalstabe herausgegeben. Nähere Auskunft darüber giebt ein von der Plankammer der kgl. Landesaufnahme herausgegebenes Verzeichniss.

Auch von Oldenburg giebt es eine Karte von 14 Blättern in 1 : 50000, von Württemberg und Bayern einen „topographischen Atlas“ dieser Länder in 112 resp. 55 Blättern im gleichen Massstabe.

Für diejenigen Gebiete, in denen die Aufnahme der Messtischblätter noch nicht stattgefunden hat, ist man auf die älteren Generalstabskarten 1 : 100000 resp. für Rheinland und Westfalen 1 : 80000 angewiesen. Dieselben tragen keine Höhenlinien, sondern geben das Terrain nur durch Bergschraffur und eingesetzte Höhenzahlen.

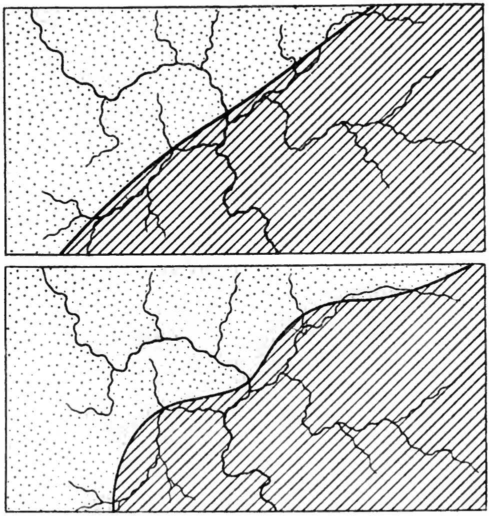
Doch sind auch diese letzteren für viele Gebiete sehr spärlich. Ganz vortrefflich ist die neue „Karte des Deutschen Reiches“, die vom Generalstabe herausgegeben wird und durch Reduktion der Messtischblattaufnahmen entsteht. Die Terraindarstellung durch Schraffur ist eine ganz vorzügliche und liefert ein ausgezeichnet plastisches Bild. Zahlreiche absolute Höhenangaben unterstützen die Darstellung der Bodenplastik. Von den 675 Blättern derselben sind etwa 510 vollendet.

Mit kleineren als dem zuletzt angegebenen Massstabe zu arbeiten, wird der Geologe in Deutschland nur dann in die Lage kommen, wenn er irgend eine weit ausgedehnte Erscheinung verfolgen will, und selbst dann werden ihm die Generalstabsblätter eine willkommene Hülfe sein. Wohl aber wird ihm nur zu oft der Massstab auch der Messtischblätter nicht genügen und er wird darnach trachten, sich eine breitere Grundlage zu verschaffen. Als solche können für viele Waldgebiete die vorhandenen Forstkarten, für das übrige Gebiet die Katasterkarten dienen, die es in verschiedenen Massstäben von 1 : 1000 an giebt. Die Katasterämter liefern auf Antrag Kopien kleinster bis grösster Stücke gegen Anrechnung mässiger Gebühren. Sie gestatten wegen der ausserordentlich sorgfältigen Darstellung der einzelnen Ackerparzellen und sonstigen Besitzgrenzen eine höchst genaue Eintragung der geologischen Beobachtungen, haben aber den Nachtheil, dass die Terraindarstellung fehlt. Durch Vergrösserung der Höhenlinien des Messtischblattes (vorausgesetzt, dass sie recht genau sind) und Uebertragung auf das Katasterblatt kann man diesem Fehler etwas abhelfen, darf aber dabei nie vergessen, dass bei der so entstandenen neuen Karte mehrere Fehlerquellen die Genauigkeit beeinträchtigen.

Von welchem Werthe eine exakte Karte für geologische Zwecke ist und wie sehr kleine Fehler derselben ein Zerrbild der geologischen Verhältnisse schaffen können, mag ein Vergleich der beiden folgenden Kärtchen lehren. Die eine Karte hat ein richtiges Flussnetz, die zweite enthält kleine Fehler, die sich erst bei genauerem Hinsehen durch geringe Abweichungen verrathen. In den verschiedenen Thälern ist die Grenze zweier verschiedener Gesteine beobachtet und sorgfältig eingetragen; während aber die Verbindung der einzelnen Beobachtungspunkte im ersten Falle eine gerade Linie ergiebt und uns zeigt, dass wir es mit einer steil stehenden Verwerfung zu thun haben, veranlassen die kleinen Fehler der zweiten Karte die Konstruktion einer wellig gebogenen Linie, deren Verlauf

zu ganz falschen Schlüssen über die Tektonik des betreffenden Gebietes führen würde. Aehnliche Fehler können auch dadurch entstehen, dass man entlang eines nicht ganz genau eingetragenen

Fig. 9.



Weges eine ungefähr in gleicher Richtung verlaufende geologische Grenze beobachtet und die einzelnen Grenzpunkte auf dem falsch eingezeichneten Wege einträgt und verbindet.

Kapitel 3.

Aufschlüsse.

Jede geologische Untersuchung eines Gebietes muss damit beginnen, dass der Geologe sich eine ungefähre Einsicht in die am Aufbaue desselben betheiligten Gesteine, ihre Altersverhältnisse und ihre Lagerung zu verschaffen sucht. Er gewinnt dieselbe durch ein genaues Studium der **Aufschlüsse**.

Mit diesem Namen bezeichnet man alle diejenigen Stellen, an

denen die Gesteine der Erdrinde unverhüllt, d. h. ohne Bedeckung durch die aus ihrer Verwitterung hervorgegangenen Zersetzungsbildungen dem Auge des Beschauers sich darbieten, und sie sind es, die den beobachtenden Geologen in allererster Reihe über den Bau und die Zusammensetzung des Gebietes, in welchem er thätig ist, unterrichten. Die Aufschlüsse können mannigfacher Art sein. Unter die natürlichen gehören steile Felswände, die Flanken steil eingeschnittener Thäler und Schluchten, Wasserrisse, Meeresküsten. Unter den künstlichen sind zu nennen: Steinbrüche, Gruben, Gräben, Wege und Eisenbahneinschnitte, Brunnen, Baugruben. In Städten, wo die Bebauung der Verfolgung der geologischen Zusammensetzung ganz besondere Hindernisse in den Weg legt, kommen andere künstliche Aufschlüsse in Betracht. Hier sind alle Gelegenheiten wahrzunehmen, bei denen durch Anlagen für Wasserleitungen, Kanalisations-, Gas- und Telegraphenleitungszwecke der Untergrund der Strassen oftmals auf weite Strecken hin entblösst wird. Vielfach werden auch die unter den Häusern in das anstehende Gestein hinein gearbeiteten, oft ziemlich tief reichenden Keller von Wohnhäusern oder von besonderen industriellen Anlagen, wie Brauereien, Brennereien etc. benützt werden können. Ebenso wird innerhalb grosser Städte fast immer Gelegenheit sein, beim Umbau oder Neubau von Häusern in den ausgeschachteten Baugruben den Untergrund zu studiren.

Ein schönes Beispiel dafür, was durch langjährige, sorgsame Beobachtung aller solcher gelegentlichen Aufschlüsse schliesslich in Bezug auf die Kenntniss des Untergrundes einer Stadt geleistet werden kann, bietet die Arbeit von Herm. Römer über die geologischen Verhältnisse der Stadt Hildesheim, in welcher über ein dicht bebautes Gelände hinweg eine bis in's äusserste Detail gehende Gliederung der diesen Untergrund bildenden Schichten der gesammten Juraformation durchgeführt ist.

Von sehr grossem Werthe für die geologische Kenntniss eines Gebietes kann es auch werden, wenn darin irgend ein Bergbau umgeht, welcher die Schichtenfolge bis zu grösserer Tiefe erschlossen hat. Hier kommt zu dem, was über die Oberflächenverbreitung der Schichten bekannt wird, eine werthvolle Ergänzung nach der Tiefe, die einmal Aufschluss über das Verhalten der Gesteine in grösseren, von der Verwitterung unbeeinflussten Tiefen geben kann, andererseits aber auch zur Kontrole der über Tage gemachten Beobachtungen über die Tektonik dient.

Von hohem Werthe ist es auch, die Ergebnisse der in dem betreffenden Gebiete etwa ausgeführten Tiefbohrungen zur Wassergewinnung oder zur Erschliessung nutzbarer Lagerstätten kennen zu lernen. Hat man auf Befragen Kunde davon erhalten, dass solche Arbeiten bereits ausgeführt sind, so ermittele man den Namen des betreffenden Bohrtechnikers oder Brunnenbauers und versuche, die Resultate sich zugänglich zu machen. Wenn dieselben überhaupt aufbewahrt sind, so sind sie entweder in schriftlichen Bohrregistern niedergelegt, oder es ist daneben eine Probe der verschiedenen durchsunkenen Gebirgsarten aufbewahrt. Von dem Bohrmeister allein geführte Bohrregister sind mit grosser Vorsicht und viel Kritik zu benutzen, da erfahrungsmässig die petrographischen Bestimmungen solcher Leute viel oder alles zu wünschen übrig lassen. Kann man nur die Register, aber keine Proben erhalten, so ist es oft nach der Durchforschung des Gebietes möglich, die Angaben derselben durch die gemachten Beobachtungen zu kontroliren und wenigstens mit einiger Wahrscheinlichkeit die zweifelhaften oder falschen Angaben der Bohrmeister in die geologische Terminologie zu übertragen.

Die Besichtigung und Untersuchung eines Aufschlusses erfordert ausserordentliche Sorgfalt und muss sich auf eine ganze Reihe von Erscheinungen erstrecken. Es sind in einem solchen zu beobachten:

1. Die petrographische Beschaffenheit der Gesteine,
2. die Verwitterung,
3. die Fossilienführung,
4. die Lagerungsform,
5. das Auftreten nutzbarer Ablagerungen,
6. die hydrologischen Verhältnisse.

Kapitel 4.

Beobachtungen über die Gesteine des Aufschlusses in petrographischer Beziehung.

1. Die petrographische Beschaffenheit: Der Begriff „Gestein“ ist vom Geologen im weitesten Sinne zu fassen und bezeichnet jede von der Natur gebildete gleichartige Ablagerung. Es ist also ein lockerer Dünensand ebenso gut als Gestein zu bezeichnen, wie der Torf eines Hochmoores, der Schlamm eines abgelassenen Teiches und die Anhäufung zahlloser Muscheln am Strande. Man hat zu

bestimmen, ob ein Gestein als Konglomerat, als Sandstein, Schiefer, Thon, Kalkstein oder Eisenstein etc. zu bezeichnen ist; oder im Falle man es mit einem Eruptivgestein zu thun hat, ob ein Gestein vom Charakter eines Granites, Quarzporphyres, Trachytes, Syenites, Gabbros, Diabases oder Basaltes etc. vorliegt, und schliesslich, wenn man im Gebiete alter, metamorphischer Gesteine sich befindet, ob man es mit Gneiss, Glimmerschiefer, Hornblendeschiefer, Phyllit, Serpentin oder ähnlichem zu thun hat. Es ist natürlich nicht möglich, den Charakter der Gesteine und damit die Fähigkeit, diese zu unterscheiden und mit richtigen Namen zu benennen, aus Büchern zu erlernen; dazu ist vielmehr ein eingehendes Studium an der Hand einer guten Sammlung charakteristischer Gesteine in Handstücken erforderlich, und wer draussen im Felde geologische Untersuchungen anstellen will, muss mit einem gewissen Schatze von Kenntnissen aus dem Gebiete der Petrographie nothwendig ausgerüstet sein. Der Geologe darf draussen für derartige Unterscheidungen sich nur der primitivsten Hülfsmittel, des Taschenmessers zur Bestimmung der Härte, einer Lupe zur Auflösung feinkörniger Mineralaggregate und einer Säureflasche zur Erkennung und Unterscheidung der Karbonate bedienen.

Es ist weiterhin in Bezug auf das petrographische Verhalten zu untersuchen, ob das betreffende Gestein sich in unverändertem Zustande befindet oder ob es durch äussere Einflüsse eine so wesentliche Umgestaltung erfahren hat, dass es als „metamorph“ zu bezeichnen ist. Wir werden bei der Besprechung der Eruptivgesteine auf diese Erscheinung noch näher zurückkommen. Bei der Untersuchung des petrographischen Verhaltens des Gesteins ist besonders darauf zu achten, ob in den Mineral-Associationen, die dasselbe zusammensetzen, sich Beimengungen finden, die durch besonders charakteristische Eigenschaften dazu dienen können, das betreffende Gestein immer leicht wieder zu erkennen und von anderen zu unterscheiden, oder ob zwischen den einzelnen übereinstimmenden Schichten irgend eine besonders auffallende, wenn auch nur ganz dünne Einschaltung mit abweichender Zusammensetzung sich einstellt. Als solche sind beispielsweise die dünnen parallelfaserigen Lagen von Cölestin anzuführen, die in einem bestimmten Niveau des unteren Muschelkalkes in Ostthüringen eine ziemliche Verbreitung besitzen und durch ihr auffälliges Aeussere ohne Weiteres anzeigen, in welchem geologischen Horizonte man sich befindet. In konglomeratischem Gestein finden sich häufig durch ihre Farbe

oder durch ihre äussere Form oder durch ihre Härte hervortretende Rollstücke, in anderen Gesteinen Konkretionen, die gleichfalls zur weiteren Verfolgung einer Schicht sich eignen können. Dahin gehören z. B. die bunten Karneole im Vogesen-Sandstein, eigenthümliche lachsfarbene Gerölle in einem bestimmten Konglomerate im Rothliegenden des Thüringer Waldes, sowie auffällige rothe Feldspathgerölle in den untersten konglomeratischen Schichten des ostthüringischen Buntsandsteins.

Besonders in den jüngeren, von Flüssen abgelagerten Schottern achte man auf auffallende Gesteine, da dieselben oft dazu dienen können, etwaige Verlegungen der Flüsse nicht nur festzustellen, sondern auch genauer zu verfolgen und kartographisch zur Darstellung zu bringen.

In manchen Gesteinen finden sich als charakteristische accessorische Bestandtheile Ausscheidungen von Erzen, die gleichfalls gewöhnlich auf weiten Strecken der betreffenden Schicht treu bleiben und ihre Verfolgung und Wiedererkennung sehr erleichtern. Dahin gehören beispielsweise das Kupferschieferflötz im unteren Zechstein, die Bleiglanzbänke im unteren, die Lehrbergschicht im mittleren Keuper Frankens. In den meisten Fällen sind es sulfidische Erze, die aber im Ausgehenden der Schicht oftmals verwittert sind, so dass die Kupferkiese sich dann in bereits durch seine Farbe auffallenden Malachit und in Kupferlasur verwandelt haben.

In anderen Schichten wieder sind es Ausscheidungen von mehr oder weniger regelmässiger Gestalt aus Kalk, Dolomit oder Kieselsäure in verschiedenen Modifikationen, die als accessorische Bestandtheile einer bestimmten Schicht im Aufschlusse erscheinen, bei der Verwitterung als Residuen übrig bleiben und dann gleichfalls die Verfolgung der Verbreitung einer Schicht ermöglichen. Dahin gehören die Hornsteinknollen zahlreicher Kalke, die Dolomitknollen vieler Mergel, die bizarr geformten Feuersteine der senonen und die plattig geformten, geflammten Feuersteine der turonen Kreide, die aus Kalk oder Thoneisenstein bestehenden Septarien in jüngeren jurassischen und tertiären Schichten, die Kalkkonkretionen (Lösskindel) im Löss und in ähnlichen losen Bildungen, die Erznieren in den Lebacher Schichten des Rothliegenden, die Lyditkonkretionen im Kulm-Kieselschiefer, die Gypsresiduen vieler Formationen u. a. m.

Kapitel 5.

Struktur und Absonderung.

In Bezug auf diesen Punkt hat sich die Untersuchung im Felde auf diejenigen Fälle zu beschränken, in denen die Erscheinung klar und einfach zu erkennen ist, während gar vielfach der Geologe sich mit sorgsamer Aufsammelung des Materiales begnügen, die eigentliche Untersuchung aber mit feineren Hülfsmitteln zu Hause ausführen muss. Bei der Arbeit im Felde wird man in Bezug auf die Struktur im Wesentlichen drei Typen zu trennen haben, nämlich erstens krystallinische, zweitens dichte und drittens klastische Gesteine.

1. Unter krystallinischen Gesteinen versteht man solche, die eine körnige Zusammensetzung zeigen, wobei die einzelnen Körner aus Mineralkrystallen oder Fragmenten von solchen bestehen. Die Grösse der einzelnen Körner kann dabei den stärksten Schwankungen unterliegen; es giebt grobkörnige Pegmatite, bei denen die einzelnen Mineralindividuen bis zu mehreren Metern Grösse erlangen und auf viele Meter Entfernung mit blossem Auge unterschieden werden können, und es giebt andererseits krystallinische Gesteine, in denen die Korngrösse so abnimmt, dass nur das mit der Lupe bewaffnete Auge dieselben als Einzelkörner zu unterscheiden vermag. Alles was die letztere Möglichkeit nicht mehr gewährt, ist bei der Felduntersuchung vorläufig als „dicht“ zu bezeichnen. Alle krystallinischen Gesteine sind entweder massig struirt, d. h. das Gestein bietet von sämmtlichen Querbrüchen aus betrachtet immer genau den gleichen Anblick, oder sie sind geschichtet, d. h. die verschiedenen Mineralien, oder wenigstens eines derselben, sind durch die ganze Gesteinsmasse hin in parallelen Lagen angeordnet. Die massigen Gesteine können wiederum entweder einfach oder zusammengesetzt sein.

Die ersteren bestehen dann nur aus einem einzigen Mineral, zu welchem nur noch gelegentliche Uebergemengtheile hinzukommen, die den Charakter des Gesteins nicht weiter beeinflussen. Als Beispiele solcher Gesteine seien Marmor, Gyps, Anhydrit und Steinsalz genannt. Silikatmineralien treten nur äusserst selten in dieser Weise für sich allein felsbildend auf (Granatfels, Hornblendefels).

Ausserordentlich viel häufiger sind die zusammengesetzten,

massigen Gesteine. Dieselben bestehen aus zwei oder mehreren verschiedenen Mineralien und sind in den meisten Fällen aus geschmolzenen Lösungen auskrystallisirt, d. h. vulkanischen Ursprungs. An ihrer Zusammensetzung betheiligen sich in erster Reihe Quarz- und Silikatmineralien, sodann eine Reihe von Eisenoxydverbindungen und von seltener auftretenden Salzen Phosphate und Titanate. Zu diesen wichtigsten Mineralien tritt daneben allerdings noch eine ausserordentliche Mannigfaltigkeit von selteneren Mineralien als unwesentlicher oder Uebergemengtheil. In den weitaus meisten der zusammengesetzten Eruptivgesteine spielen ein oder mehrere Feldspäthe eine hervorragende Rolle und dienen in der Hauptsache für die petrographische Klassifikation. Neben ihnen besitzen Mineralien der Amphibol-, Pyroxen- und Glimmerreihe, Quarz, Magneteisen, Apatit und Olivin die grösste Bedeutung als Gesteinsbildner.

2. Unter dichten Gesteinen versteht man diejenigen, bei welchen das unbewaffnete Auge keine an der Zusammensetzung betheiligte Mineralassociation mehr zu scheiden vermag; oder solche, welche aus einem einzigen nicht krystallinisch, sondern amorph ausgebildeten Mineral bestehen. Allen gemeinsam ist die vollkommene Homogenität der Textur. Man kann nach dem äusseren Aussehen drei Gruppen der dichten Gesteine unterscheiden: a) glasige, b) hornartige und c) feinstkörnige. Die ersteren sind überwiegend Erstarrungsprodukte vulkanischer Gesteine. In gewissem Sinne gehört zu den glasig aussehenden Gesteinen auch der natürlich vorkommende Asphalt und die als Anthracit bezeichnete Varietät der Steinkohle.

Die hornartigen Gesteine besitzen an ihrer Oberfläche auf frischen Brüchen einen eigenthümlich matten Schimmer und lassen in dünnen Platten das Licht durchschimmern. Zu ihnen gehören die in vielen Gesteinen häufigen, kugeligen, ellipsoidischen oder ganz unregelmässig bizarr geformten Ausscheidungen von amorpher Kieselsäure, die als Feuerstein, Hornstein, Chalcedon u. s. w. bezeichnet werden.

Die dritte Gruppe der dichten Gesteine lässt die an der Zusammensetzung betheiligten Mineralien nicht mehr mit blossem Auge erkennen, wohl aber aus der eigenthümlichen, feinkörnigen Beschaffenheit der Oberfläche gewissermassen ahnen. Diese dichten Gesteine finden sich als feinste Ausbildungsweise von zusammengesetzten Gesteinen und zwar sowohl von krystallinischen wie von klastischen, von geschichteten wie von eruptiven, und sind

durch zahlreiche Uebergänge so mit ihnen verbunden, dass es schwierig ist, in dieser Beziehung eine scharfe Grenze zu ziehen.

3. Klastische Gesteine: Zu ihnen gehört eine ausserordentliche Mannigfaltigkeit von meist im Wasser gebildeten Gesteinen. Ihre charakteristische Eigenschaft besteht darin, dass die einzelnen Gemengtheile, aus welchen sie zusammengesetzt sind, durch irgend ein bewegendes Agens, Wasser, Eis oder Luft, oder auch durch die Bewegung entlang einer Verwerfung (Reibungsbreccie) transportirt und an einem andern Orte wieder abgelagert sind. Wir können die grosse Mannigfaltigkeit dieser klastischen Gesteine uns nach der Korngrösse ordnen. Dann beginnen dieselben mit den aus hausgrossen, einzelnen Trümmern bestehenden Produkten von Bergstürzen; von diesen kommen wir durch die Packung gewaltiger Blöcke in den Endmoränen heutiger und ehemaliger Gletscher zu den Riesen-Konglomeraten, wie sie die Wildbäche der Hochgebirge und die brandenden Wogen mariner Steilküsten mit sich führen und an geeigneten Orten wieder zur Ablagerung bringen. Mit der Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit mindert sich die transportirende Kraft der Gewässer, und damit die Korngrösse der von ihnen abgelagerten Sedimente, und wir kommen so durch grobe und feinere Konglomerate zu groben und feinen Kiesen und von diesen schliesslich zu den rein sandigen Bildungen. Mehr und mehr sinkt die Korngrösse und aus feinen, schluffigen, thonigen Sanden entstehen schliesslich sandige Thone, aus denen durch Zurücktreten des Sandgehaltes und Zunahme des Thones reine Thone werden. Durch Aufnahme von allerlei Beimengungen können sowohl die Sande wie die Thone eine grosse Reihe von verschiedenartigen Typen klastischer Gesteine erzeugen. So können die Sande entweder aus einem und demselben Mineral bestehen oder es können mehrere derselben neben einander vorkommen. So bestehen die Quartärsande Norddeutschlands zu vier Fünftel aus Quarz, während am letzten Fünftel sich eine ausserordentliche Fülle von Mineralien betheiligt, die alle aus der Zerstörung älterer klastischer oder krystallinischer Sedimente oder Eruptivgesteine hervorgegangen sind. Dagegen bestehen die Sande der Tertiärformation fast ausschliesslich aus Quarzkörnern mit Glimmer und ganz vereinzelten Bröckchen von Kieselschiefer, niemals dagegen ist in ihnen, wenigstens in Norddeutschland, ein Feldspathgehalt zu beobachten, während andererseits durch Häufung von Glimmer diese Quarzsande in Glimmersande übergehen können. In manchen Abtheilungen des

Tertiärs, der Kreide und anderer Formationen nimmt der Quarzsand so viel Glaukonit auf, dass derselbe die Farbe des Gesteins beeinflusst, so dass solche Sande alsdann als Grünsande bezeichnet werden. Wieder in anderen Formationen, beispielsweise im Keuper, Rothliegenden etc., finden sich Sandsteine, deren Material reichlichen Feldspath enthält (Arkose), und noch andere Sande oder Sandsteine bestehen vorwiegend aus kalkigem oder dolomitischem Detritus. Zu dieser in Charakter und Gestalt der einzelnen Körner liegenden Mannigfaltigkeit tritt noch weiterhin diejenige des Bindemittels, indem nun die einzelnen Körner wieder verkittet sein können durch thoniges, kalkiges, kieseliges, dolomitisches, mangan- oder eisenschüssiges, glaukonitisches oder kaolinisches Bindemittel.

Neben der Art ist auch die Menge des Bindemittels in klastischen Gesteinen von Belang. Dasselbe kann die Zwischenräume zwischen den einzelnen Körnern entweder vollkommen erfüllen, so dass das Gestein einen geschlossenen Eindruck macht, oder es genügt nicht zur Ausfüllung derselben und das Gestein erscheint alsdann porös. Je nachdem diese kleinen Hohlräume in grösserer oder geringerer Menge auftreten, spricht man von dem grösseren oder geringeren Porenvolumen des Gesteines. Auch ist das letztere etwas davon abhängig, ob die Poren mit einander in Verbindung stehen oder in sich abgeschlossen sind.

Etwas weniger gross ist naturgemäss die Mannigfaltigkeit in den verschiedenen Arten der thonigen Gesteine. Dieselben unterscheiden sich zunächst durch die grössere oder geringere Menge des mit dem Aluminiumhydroxyd (Thonerdehydrat) vikariirenden Eisenhydroxydes, sodann durch die parallele oder unregelmässige Anordnung der Thonfragmentchen und durch die verschiedenen, durch Alter, Druck oder andere Einflüsse hervorgerufenen Härtegrade. Letztere ergeben vom plastischen Thone bis zum Phyllit der archäischen Schiefer eine fortlaufende Reihe, in welcher Letten, Schieferthon und Thonschiefer Zwischenstadien darstellen. Dazu kommen dann noch Beimengungen von kieseliger, kalkiger, dolomitischer und glaukonitischer Substanz, aus welchen die verschiedenen weiteren Arten von thonigen Gesteinen hervorgehen. Besitzen die Thone eine gewisse Härte und feinere Schichtung, so werden sie als Thonschiefer bezeichnet, wogegen der Name Thon oder Thonmergel für die loseren, unverhärteten Bildungen benützt wird.

Mit dem Aufgeführten aber haben wir noch bei weitem nicht die Reihe der klastischen Sedimente erschöpft. Es treten dazu

vielmehr noch zwei ausserordentlich grosse Gruppen, von denen die eine vulkanischen, die andere organischen Ursprungs ist. Die vulkanisch-klastischen Gesteine entstehen aus denjenigen Auswurfsprodukten der Vulkane, die nicht in Form von Lavaströmen aus dem vulkanischen Schlote hervor gehen, d. h. aus den sämmtlichen lose ausgeworfenen Massen von den grössten vulkanischen Bomben bis zu staubfeinen Aschen herunter. Wenn dieselben auf dem Festlande niederfallen, so spricht man von Ablagerungen vulkanischer Aschen und Schlacken, gelangen sie aber in das Wasser von Süsswasserseen oder des Meeres, so werden sie in demselben sedimentirt, verfestigt und erscheinen dann als sogen. Tuffe, Breccien oder Schalsteine, unter Umständen auch als Konglomerate.

Thiere und Pflanzen tragen in ausserordentlich hohem Masse zur Gesteinsbildung bei und liefern mit ihren bei der Verwesung übrig bleibenden Hartgebilden in vielen Fällen das Material zur Anhäufung mächtiger Massen organischer Trümmergesteine. Dieselben sind zum grossen Theil, so weit sie thierischen Ursprungs sind, kalkiger Natur und wir begegnen ihnen beispielsweise in den Muschelbänken an den skandinavischen Küsten, an den aus Stielgliedern von Seelilien zusammengesetzten Trochitenkalken der Trias und des Jura, in den Korallenkalken, in Muschelbreccien, in Bryozoenkalken und in vielen anderen ähnlichen Bildungen. Auch die Reste höheren Thiere können, wie beispielsweise in dem Knochenlager des Bonebed im Rhät, weit ausgedehnte, wenn auch nur gering mächtige Schichten bilden. Unter den durch die Pflanzenwelt erzeugten klastischen Gesteinen sind in erster Reihe die als Torf, Braunkohle und Steinkohle bezeichneten Anhäufungen von kohlenstoffreichen Gebilden zu nennen. Dazu treten die über weite Räume des Meeres und Süsswassers verbreiteten kieseligen Ablagerungen, die aus der Anhäufung der winzigen Schalen mikroskopischer einzelliger Algen, Diatomeen, entstehen. Auch kalkige Bildungen werden durch pflanzliche Thätigkeit erzeugt, wofür als Beispiel die fast ganz aus kalkabsondernden Algen aufgebauten Lithothamnienkalke der Tertiärformation angeführt sein mögen.

Neben den auf der Grösse und Unterscheidbarkeit der einzelnen, ein Gestein zusammensetzenden Mineralindividuen beruhenden Strukturen, kommen bei den krystallinischen Gesteinen noch eine Reihe anderer Strukturerscheinungen in Betracht.

1. Wenn die einzelnen Mineralindividuen eines Gesteines nach allen drei Richtungen hin gleichmässig entwickelt sind, so spricht

man von **gleichmässig körniger** Struktur; dieselbe kann sowohl bei einfachen (körniger Kalk) als auch bei zusammengesetzten Gesteinen auftreten. Als Typus der letzteren Gruppe sind trotz der nicht körnigen, sondern lamellaren Ausbildung des Glimmers gewöhnlich die Granite angeführt, und man spricht darum auch häufig von der granitischen Struktur eines Eruptivgesteines.

2. Wenn in einer mehr oder weniger krystallinischen oder dichten, homogenen „Grundmasse" ein oder mehrere Mineralien auftreten, die sich durch die Grösse ihrer Krystalle auffällig von denjenigen der Grundmasse unterscheiden, so bezeichnet man die Struktur des Gesteines als eine **porphyrische**.

3. Eine Struktur, welche zeigt, welcher Art die Bewegungen in einem gluthflüssigen Eruptivgesteine im Momente des Erstarrens waren, bezeichnet man als **Fluktuationsstruktur**. In den meisten Fällen ist sie nur unter dem Mikroskope erkennbar an der Anordnung winziger, nadelförmiger Mikrolithen zu unregelmässig gewundenen stromartigen Schwärmen, manchmal aber ist sie auch mit blossem Auge sichtbar und äussert sich dann in Farbenstreifung, oder stromartiger oder verworren flaseriger Anordnung tafelartiger oder leistenförmiger Mineralien. Selbst in glasigen Gesteinen kann sie durch die Verwitterung sehr deutlich in die Erscheinung treten, während sie auf dem frischen Bruche unsichtbar ist.

4. Wenn linsenförmige Massen in paralleler Anordnung ihrer Hauptachsen in grosser Menge so in einem Gesteine liegen, dass die übrige Gesteinsmasse in sich immerfort gabelnden und wiedervereinigenden Lagen um diese Linsen herum zieht, wenn aber das ganze Gestein trotzdem den deutlichsten Eindruck der Schichtung macht, so bezeichnet man eine derartige, besonders bei Gneissen häufige Struktur als **flaserig** und unterscheidet je nach Grösse, Zahl und Lage der umschlossenen Linsen die Gesteine als grob-, fein-, verworren-, schmal-, breit- etc. flaserig.

5. Wenn linear entwickelte Mineralien eines Gesteins mit ihren Hauptachsen parallel angeordnet sind, oder wenn sonst rundliche Mineralkörner eine Streckung in einer bestimmten Richtung zeigen, oder wenn Blasenräume eines Gesteines in einer bestimmten Richtung in die Länge gezogen erscheinen, so spricht man von einer **linearen Parallelstruktur**. Eine ähnliche, als **Streckung** bezeichnete Struktur liegt vor, wenn durch tektonische Kräfte ein Gestein nach einer Richtung hin gewissermassen ausgewalzt ist,

wobei Versteinerungen, Mineralien, Konkretionen, Konglomeratstücke u. s. w. eine Verzerrung nach einer Richtung hin, oftmals verbunden mit Zerreissung, erfahren haben. Diese Erscheinung pflegt man auf Karten durch ein besonderes Zeichen auszudrücken. (Vergl. die Zusammenstellung geologischer Zeichen.)

6. Wenn ein Theil der Gesteinsmasse sich um eine Anzahl von Punkten herum entweder radialstrahlig oder konzentrisch schalig, oder in einer Kombination beider Erscheinungen angeordnet hat, so dass daraus mehr oder weniger sphärische Formen entstehen, so nennt man eine solche Struktur bei Eruptivgesteinen eine sphärolithische und unterscheidet eine grosse Menge von Unterabtheilungen, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

7. Wenn dieselbe Anhäufung kugelig struirter Körper bei einem im Wasser gebildeten Gesteine (meist Kalkstein oder Eisenstein) zu beobachten ist, so nennt man eine solche Struktur eine oolithische. Auch hier giebt es nach Grösse und innerem Baue der einzelnen Körner wieder eine ganze Reihe von Unterabtheilungen.

Eine ganz andere Erscheinung ist es, nach der wir kompakt und porös struirte Gesteine unterscheiden.

8. Bei der kompakten Struktur füllen die einzelnen Mineralien den vom Gesteine eingenommenen Raum so vollkommen, dass nicht der geringste Zwischenraum übrig bleibt.

9. Als porös bezeichnet man eine Struktur, bei welcher die mit einander verbundenen Hohlräume sich innerhalb mässiger Grösse bewegen und sehr gleichmässig durch das Gestein vertheilt sind.

10. Bei der zelligen Struktur werden sie grösser, sind unregelmässig gestaltet und besitzen meist rauhe, zerfressene, oft mit später entstandenen kleinen Krystallen überzogene Wandungen.

11. Werden die Hohlräume noch grösser und unregelmässiger, mehrere Centimeter bis Meter gross, so nennt man die Struktur kavernös.

12. Röhrenförmige Gestalt der Hohlräume bedingt die tubulöse Struktur.

An bestimmte Partien der Eruptivgesteine sind eine Reihe von Strukturen gebunden, die durch Auftreibung der Gesteinsmasse seitens eingeschlossener Gase entstanden sind. Nach der Grösse, Gestalt und Menge der so entstandenen Hohlräume unterscheidet man

13. Blasige Struktur. Die Hohlräume besitzen rundliche Formen, mässige Grösse und sind immer in sehr grosser Zahl vorhanden, so dass die Gesteinsmasse ihnen gegenüber oft zurücktritt.

14. Ist letzteres der Fall, und sind die Hohlräume unregelmässig gestaltet, in die Länge gezogen oder stark gedreht, so spricht man von schlackiger Struktur.

15. Ist die Auftreibung des Gesteins so weit gegangen, dass zwischen den dem Volumen nach durchaus überwiegenden Hohlräumen nur noch ganz dünne Gesteinslamellen sich finden, so dass das Gestein also ein sehr niedriges spezifisches Gewicht besitzt, so bezeichnet man die Struktur desselben als eine schaumige. Ein sehr gutes Beispiel bietet der Bimstein.

Bei vielen, zumal älteren Eruptivgesteinen sind nachträglich die Hohlräume der unter 13.—15. angeführten Strukturformen durch infiltrirte Mineralien, meist Kieselsäure, Kalkspath oder Zeolith, wieder ausgefüllt, und man spricht in solchem Falle von einer

16. Mandelsteinstruktur. Bei der Verwitterung kann durch Auslaugung der Mandeln dieser Prozess sich wieder rückwärts abspielen.

Auch bei den klastischen Gesteinen unterscheidet man einige Strukturformen nach Grösse und Form der sie zusammensetzenden Bruchstücke.

1. Trümmer- oder psephitische Struktur liegt vor, wenn die einzelnen Stücke über Haselnussgrösse besitzen. Bei eckigen Stücken spricht man von Breccien-, bei abgerollten von Konglomeratstruktur.

2. Sandstein- oder Psammitstruktur hat man, wenn das Gestein aus gröberen oder feineren Sandkörnern zusammengesetzt ist.

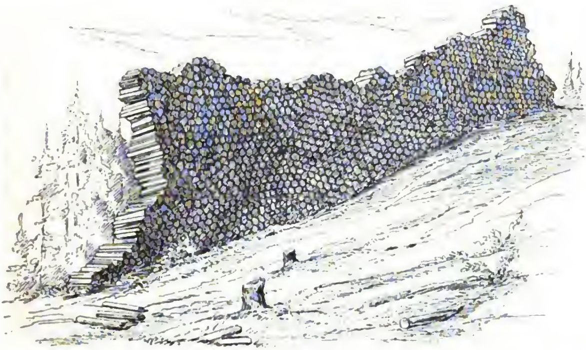
3. Schlamm- oder pelitische Struktur besitzt ein Gestein, dessen klastische Elemente kleiner als ganz feine Sandkörner sind.

Von Wichtigkeit bei den geologischen Aufnahmearbeiten ist auch das Studium der Absonderungsformen der verschiedenen Gesteine, da auch diese unter Umständen Handhaben zur Auffindung und Wiedererkennung der zu verfolgenden Schichten und Gesteine bieten können. Wenn wir zunächst von der plattigen Absonderung der geschichteten Gesteine absehen, deren wichtige Rolle an anderer Stelle erörtert ist, und uns auf diejenigen Erscheinungen beschränken, welche die massigen Gesteine uns darbieten, so ist hier in erster Reihe wieder der Granit zu nennen. Wir werden bei Besprechung des Verwitterungsganges in diesem Gestein sehen, in welcher Weise die mehr oder weniger kubischen, durch verschiedene Systeme von Klüften erzeugten Trennungsstücke dieses Gesteins durch Verwitterung von allen Seiten her in runde, wollsackähnliche

Massen verwandelt werden, die nach Fortführung der zu Grus zerfallenen Zwischentheile als Felsenmeere unserer granitischen Gebirge auf der Oberfläche liegen bleiben.

Zu den häufigsten Absonderungsformen der Eruptivgesteine gehört die Säulenform, die namentlich bei Basalten, aber auch bei Trachyten und selbst bei den, den letzteren nahe verwandten Quarzporphyren, wenn auch hier viel seltener, auftritt. Das ganze Gestein oder einzelne Theile desselben sind dann in ein System

Fig. 10.



Teufelsmauer bei Oschitz in Böhmen. Ein 25 km langer, 2 m mächtiger, vielfach mauerförmig aufragender Basaltgang.

von Säulen verschiedenster Länge und Stärke aufgelöst. Dieselben erreichen unter Umständen 80—100 m Länge und 1—2 m Durchmesser, gehen aber auch auf die Länge und Stärke eines Fingers herab. Sie werden von 4—8, gewöhnlich aber von 6 Flächen begrenzt, so dass ein solches System von Säulen im Querschnitte den Eindruck einer riesigen Bienenwabe macht (s. Fig. 10). Die Säulen stehen immer senkrecht zu den Abkühlungsflächen: In einem Basaltgange liegen sie horizontal, wie die Scheite einer Holzklafter, in einer Decke dagegen stehen sie senkrecht und in einer stockförmigen Masse, die sich innerhalb eines Tuffmantels gebildet hat, verlaufen sie von der Mittelachse radial nach den Rändern; solche Stöcke bieten im Vertikalschnitte das Bild fächerförmiger Säulenstellung (s. Fig. 11). Gewöhnlich sind die Säulen durch Klüfte rechtwinkelig zur Säulenachse in einzelne Stücke zerlegt. Es können dabei verschiedene

Fälle eintreten: Entweder sind die Trennungsflächen eben oder sie sind gekrümmt und zwar kommen in einem und demselben Gebiete, ja sogar in neben einander stehenden Säulen alle beide Formen vor; der zweite Fall kann sogar noch eine Theilung erfahren, insofern als die Krümmung der Trennungsflächen nach unten oder nach

Fig. 11.



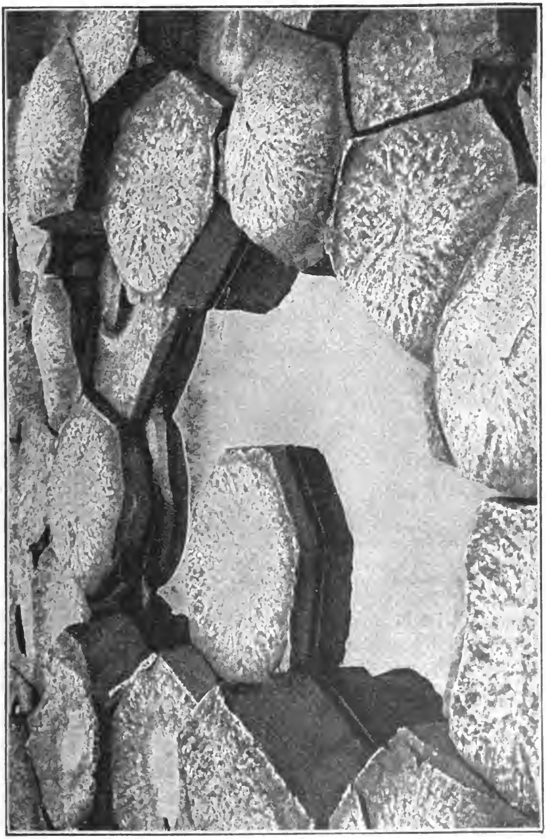
Fiederförmige Anordnung der Basaltsäulen des Humboldtfelsens unweit Aussig in Böhmen. Nach Photographie.

oben hin gewölbt sein kann. Wir sehen alle drei Fälle der Säulenabsonderung in Figur 12, welche einen Theil der basaltischen Abrasionsflächen im „Giant's Causeway" im nördlichen Irland darstellt.

Die Verwitterung vermag die einzelnen Säulenstücke sowohl von den Säulenflächen, wie von den rechtwinkelig dazu verlaufenden

sowie von anderen Trennungsklüften aus in Angriff zu nehmen; in Folge dessen verlieren dieselben ihre scharfen Kanten, die Oberfläche

Fig. 12.

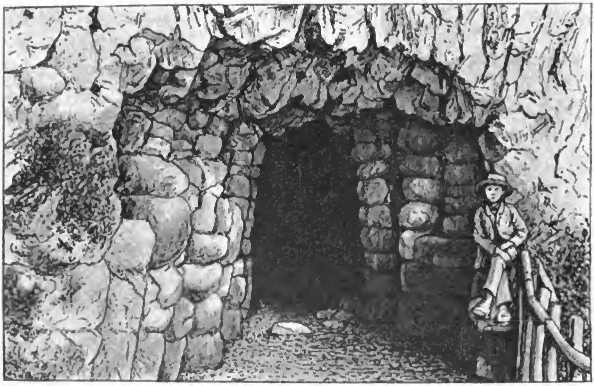


des unverwitterten Gesteins, der Kern, nimmt die Form eines Ellipsoids an, die Verwitterung geht in konzentrischen Schalen vorwärts, und die Basaltsäulen werden schliesslich in einzelne käseförmige Stücke

verwandelt, die in hohen Stapeln übereinandergeschichtet erscheinen. Eine solche Erscheinung ist sehr schön in der „Käsegrotte“ bei Bertrich in der Eifel sowie bei manchen hessischen Basaltvorkommnissen zu beachten (s. Fig. 13).

Sehr eigenthümliche Absonderungsformen besitzen die kuppenförmig auftretenden, ursprünglich höchst wahrscheinlich im Inneren eines Tuffmantels gebildeten Phonolithkegel, wie sie zahlreich im

Fig. 13.



„Käsegrotte“ bei Bertrich in der Eifel. Basaltischer Lavastrom, an der Unterseite in quergegliederte Prismen gesondert. (Fig. 10, 11, 13 nach Kayser, Allg. Geologie.)

Höhgau und im böhmischen Mittelgebirge auftreten. Bei ihnen ist die Absonderung konform der Oberfläche, und der ganze Berg besteht aus einzelnen Schalen, die wie diejenigen einer Zwiebel auf einander liegen und über einander hinweggreifen. Das Gestein zerfällt in Folge dieser Absonderung bei der Verwitterung in lauter ebenflächige, dünnplattige Stücke.

Die kugelige Absonderungsform der Diabase wird bei der Verwitterung dieses Gesteins näher besprochen werden; sie scheint in manchen Fällen eine ursprüngliche Eigenschaft des erstarrenden Gesteins, in anderen dagegen erst eine sekundäre, an das Ausgehende geknüpfte Verwitterungserscheinung zu sein.

Kapitel 6.

Besondere Kennzeichen der Gesteine. Härte, Geruch, Gefühl, Farbe.

In beschränktem Umfange können eine Anzahl von besonderen petrographischen Merkmalen bei Bestimmung der Gesteine im Felde gelegentliche Verwendung finden.

Härte. Die verschiedene Härte der Gesteine kann, wenn sie einigermassen beträchtlich ist, in manchen Fällen bei der einfachen Probe mit dem Messer oder ähnlichen Hülfsmitteln, die in dem Kapitel über die Härte der Mineralien besprochen sind, zur Unterscheidung ähnlich aussehender Gesteine benützt werden. Man kann auf diese Weise gewisse kieselige Gesteine durch ihre grössere Härte von ähnlich aussehenden Kalksteinen, sowie den Gyps vom Anhydrit, und unter Umständen auch den Kalkstein vom Dolomit unterscheiden.

Strich. Der Strich, d. h. das feine Pulver des Gesteins, welches beim Schaben mit dem Messer oder beim Reiben auf unglasirtem Porzellan, auch an Hammer-Schlagstellen entsteht, kann gleichfalls in manchen Fällen zur Unterscheidung einander ähnlicher Substanzen dienen. So sehen manche harten, bituminösen Thone oder Schiefer den Steinkohlen sehr ähnlich, lassen sich aber sogleich am Strich unterscheiden, indem derselbe bei den ersteren dunkelbraun bis dunkelgrau, bei den letzteren dagegen glänzend schwarz ist. Ebenso kann man mit Leichtigkeit an dem kirschrothen Striche den Hämatit von anderen Eisenerzen unterscheiden. Auch das beim Strich entstehende Pulver kann noch benützt werden. Manche unreinen Kalksteine beispielsweise geben mit Salzsäure behandelt so gut wie gar keine Kohlensäureentwickelung, wenn man die Säure auf das ganze Gestein tropfen lässt, während sofort eine deutliche Reaktion eintritt, wenn das fein vertheilte Pulver dieser Untersuchung unterworfen wird.

Geruch. Auch der Geruch dient in manchen Fällen zur Erkennung eines Gesteins. Die alt-diluvialen, dunkelgrauen Süsswasserkalke im norddeutschen Diluvium zeigen übereinstimmend im frischen Zustande einen ausgesprochen veilchenartigen Geruch. Thonige Gesteine besitzen einen ihnen eigenthümlichen, erdigen Geruch, den man direkt als Thongeruch bezeichnen muss, und manche bituminösen Kalke erzeugen beim Zerschlagen, Reiben oder Schaben einen unangenehm empfundenen Geruch, nach welchem

sie als Stinksteine bezeichnet werden. Auch der auffällige Schwefelwasserstoffgeruch mancher vulkanischen Produkte wäre hier zu nennen.

Gefühl. Mit Hülfe des Gefühls lässt sich manches Umwandelungsprodukt von an Magnesiasilikaten reichen Gesteinen erkennen. Dieselben fühlen sich eigenthümlich fettig und weich an. Es gehören zu solchen Gesteinen manche Serpentine, Talk-, Glimmer- und Chloritschiefer. Das Gefühl ist auch sehr geeignet, gewisse lockere junge Bildungen von einander zu unterscheiden. Dahin gehört die in manchen Fällen schwierige Trennung von diluvialem Geschiebelehm und Thon. Wird der erstere arm an Sand und groben Beimengungen, so ähnelt er sehr den in derselben Formation auftretenden Thonen. Durch Reiben zwischen den Fingern oder schlimmstenfalls durch Drücken zwischen den Zähnen kann man aber in den meisten Fällen noch mit Sicherheit feststellen, ob gröbere Sandkörner, wenn auch nur vereinzelt, noch vorhanden sind oder nicht, und darnach den Gesteinscharakter bestimmen. Auch der Löss kann durch diese Probe vielfach von ähnlichen Gebilden unterschieden werden.

Farbe. Die Farbe der Gesteine ist zwar in vielen Fällen kein sehr charakteristisches Merkmal, kann aber doch bisweilen recht vortreffliche Dienste leisten, wenn sie konstant einem Formationsgliede durch seine ganze Mächtigkeit und auf grosse, horizontale Verbreitung hin treu bleibt. In grossen Verhältnissen zeigt sich diese Bedeutung der Farbe da, wo ganze Formationen durch sie charakterisirt werden. Dahin gehören beispielsweise die intensive Rothfärbung der Formationen des Rothliegenden und des Röth sowie eines Theiles des Keupers in weiten Gebieten ihrer Verbreitung, dahin ferner die gelben Farben zahlreicher Kalksteingebirge, die bunten grünen und rothen Farbentöne des Keupers, das schneeige Weiss der Kreide, die schwarzen und dunklen Farbentöne der paläozoischen Formationen bis herauf zum Karbon, die schwarzen Farben der basaltischen Gesteine und die hellgrauweissen der Trachyte und Rhyolite. Weniger charakteristisch sind die Farbenunterschiede der einzelnen Gesteinsbänke, da dieselben meist nur im Ausgehenden zu beobachten und in ihrer Intensität von dem grösseren oder geringeren Grade der Verwitterung vielfach abhängig sind. Doch kann auch hier in manchen Fällen eine auffallende Farbe als Leiter für die Beurtheilung der Verbreitung einer Bildung dienen. Dahin gehört z. B. das Grün, wie es

in manchen Sandsteinen und Kalksteinen durch Häufung von Glaukonitkörnern oder durch oxydirte, in Malachit verwandelte Kupfererze und in manchen Eruptivgesteinen durch Vorwalten grüner Augite und Olivine oder, wie in den sogen. Grünsteinen (Diabasen), durch Chloritmineralien erzeugt werden kann. Mit reinen weissen Farben treten nur einige wenige, fast ganz eisenfreie Gesteine auf, wie der Marmor, die Schreibkreide, die Flaschenthone des Tertiärs, der Kaolin und viele reine Quarzsande, Sandsteine und Quarzite in den verschiedensten Formationen. Die reine schwarze Farbe wird entweder durch einen Gehalt von Kohlenstoff oder bituminösen Substanzen, oder durch einen grossen Reichthum an eisenreichen Verbindungen, wie Magnetit, Biotit, Hornblende und anderen erzeugt. Im ersteren Falle tritt eine Verfärbung ein, wenn das Gestein erhitzt wird, während im letzteren die dunkle Farbe meist bleibt. Dagegen erzeugt bei diesen die Verwitterung braune oder dunkelgelbe Farbentöne. Ueberhaupt ist die braune Farbe in den weitaus meisten Fällen ein Resultat der Zersetzung eisenreicher Gesteine, kaum einmal aber ganz frischen Gesteinen eigenthümlich. Die gelbe Gesteinsfarbe, die in der Natur ziemlich verbreitet ist, dürfte in den meisten Fällen auf limonitartige Eisenverbindungen zurückzuführen sein und findet sich am häufigsten in der Verwitterungsrinde von Kalksteinen und anderen eisenarmen Gesteinen, sowie in vielen Sandsteinen.

Die Erzeugung der so weit verbreiteten rothen Farbentöne ist hämatit- und vielleicht auch göthitartigen Eisenverbindungen zu danken, und ist in der Hauptsache an Sandstein und thonig-lettige Gesteine geknüpft. Doch kommen in manchen Gegenden auch intensiv rothe Kalksteine vor, z. B. im Jura der Alpen. Die rothe Farbe mancher massigen Gesteine dagegen verdankt dem Vorwalten eines fleischrothen Orthoklases ihre Entstehung. Dieser Orthoklasfarbenton kann als rosa bezeichnet werden, und so gefärbte Granite geben einen weissen Strich; dagegen sind viele basische Eruptivgesteine durch Eisenverbindungen, die zersetzten Augiten etc. ihren Ursprung verdanken, blutroth gefärbt und geben den andersartigen Ursprung der Farbe durch einen rothen Strich zu erkennen. Von blauer Gesteinsfärbung wird oftmals in solchen Fällen gesprochen, wo thatsächlich keine Spur von Blau in der betreffenden Gesteinsfarbe steckt, wo es sich vielmehr um schwarzgraue durch Eisenoxydulsilikate veranlasste Färbung handelt, wie beispielsweise bei vielen völlig unverwitterten Kalksteinen, sowie in den tieferen Lagen

der Grundmoränen und geschichteten thonigen Bildungen des norddeutschen Glazialgebietes. In manchen als „blau“ bezeichneten Kalksteinen rührt dieser Farbenton wohl auch von höchst fein vertheiltem Schwefelkies her. Echte blaue Gesteinsfärbungen werden in der Natur wohl nur durch Vivianit und Cyanit erzeugt, während ein bläulicher Ton des Gesteins auch durch eigenthümlich blauschimmernde Quarze (viele skandinavische Granite), sowie durch reichliche Beimengung von Cordierit entstehen kann. Die weiteste Verbreitung in der Natur hat die graue Farbe, die in den meisten Fällen durch Mischung der Farben mehrerer verschieden gefärbter Mineralien eines Gesteins entsteht.

Kapitel 7.

Beobachtung von Verwitterungserscheinungen.

2. Die Verwitterungserscheinungen. Da die am Aufbau der Erdkruste betheiligten Gesteine nur an verhältnissmässig wenig Stellen aufgeschlossen vor dem Auge des Geologen liegen, in weitaus überwiegenden Flächen aber nur in ihren Verwitterungsbildungen in die Erscheinung treten, so muss der Geologe, will er die Verbreitung der einzelnen Gebirgsglieder verfolgen und auf der Karte zur Darstellung bringen, sich auf's Sorgfältigste mit den mannigfaltigen Beziehungen zwischen dem Gestein und dem aus demselben hervorgehenden Verwitterungsboden vertraut machen. Am günstigsten für dieses Studium sind selbstverständlich alle diejenigen künstlichen und natürlichen Entblössungen, in denen beides in unmittelbarer Ueberlagerung der Beobachtung zugänglich ist. Es ist an solchen Stellen zu prüfen, bis zu welcher Tiefe die Verwitterung von oben her das ursprüngliche Gestein angegriffen hat, in welcher Weise der Verwitterungsvorgang vor sich geht, welche Stoffe auf chemischem Wege entfernt werden, welche mineralogischen Elemente eine Umwandelung erfahren, welche unlöslichen Rückstände allmählich sich anreichern und unter Umständen eine vorherrschende Rolle spielen können, welcherlei Umfärbungen im Verlaufe der Verwitterungsprocesse eintreten, kurz, es sind alle diejenigen Erscheinungen zu berücksichtigen, die weiterhin aus dem Anblicke der obersten Verwitterungsrinde einen Rückschluss auf das Gestein gestatten, aus welchem diese hervorgegangen ist. Es ist an dieser Stelle nicht möglich, die ausserordentliche Fülle der

Erscheinungen, welche die Verwitterung erzeugt, für die einzelnen Formationen resp. Gesteine eingehend darzustellen. Ich muss mich vielmehr begnügen, in mehr allgemeiner Weise auf eine Anzahl von Gesichtspunkten hinzuweisen und dieselben durch eine Reihe spezieller, konkreter Beispiele zu erläutern. Ich beginne mit den Sedimentärgesteinen:

Die Thonschiefer der paläolithischen Formationen liefern bei der Verwitterung im Allgemeinen schwere, dem Wasser gegenüber undurchlässig sich verhaltende thonige Böden, in welchen oft die letzten Spuren von Schiefer in thonige Massen umgewandelt sind. Enthalten, wie dies häufig der Fall ist, diese Thonschiefer Einlagerungen von quarzreicheren Schiefern, sogen. Quarzitschiefern, Sericitschiefern und anderen Gesteinen, die der Verwitterung mehr Widerstand leisten, so entstehen daraus in Folge der Beimengung gröberer, unzersetzlicher Massen mehr lockere, fruchtbarere Böden.

Solche Gesteine, wie sie namentlich im Kambrium auftreten, geben zumeist einen thonigen, feinsandigen, hellfarbigen Boden, in welchem in der Regel noch eine ziemlich grosse Zahl von Schieferstückchen auftritt.

Wenn auf ebenen Flächen die feinsten Verwitterungsprodukte nicht fortgeführt werden können, so schreitet die Verwitterung mehr und mehr in die Tiefe, und es können alsdann oberflächlich nur noch die reinen Quarzstücke eine Andeutung des Gesteins geben, aus welchem der ganze Boden hervorgegangen ist.

Bisweilen sind im Quarze der Gangausfüllungen Bruchstücke des Nebengesteins so vollständig eingeschlossen, dass sie dadurch vor der Verwitterung geschützt worden sind. In solchem Falle kann der beim Zerschlagen des Quarzes frei gelegte Einschluss einen oft recht willkommenen Schluss auf das unverwitterte Gestein zulassen.

Wesentlich anders gestaltet sich dagegen die Sache an Gehängen und Berglehnen, wo durch die Regenwasser und den Wind fortdauernd die feineren Bestandtheile fortgeführt werden und nur die gröberen an Ort und Stelle liegen bleiben. Hier entstehen dann gewöhnlich Böden, die fast ganz und gar aus kleineren Steinchen und Schieferbrocken bestehen, über dem anstehenden Gestein nur eine geringe Mächtigkeit besitzen, durchlässig und trocken sind und in Folge dessen auf die Vegetation nur eine geringe Anziehungskraft ausüben können. Je reicher an quarzitischen Einlagerungen die Schiefer werden, um so ärmer an Thon, also um so magerer werden die Verwitterungsböden. Das extremste Glied in dieser

Beziehung bilden die Kieselschiefer. Diese verwittern natürlich ausserordentlich schwer und zwar zunächst dadurch, dass ihr Kohlenstoffgehalt mehr und mehr oxydirt, wodurch eine Bleichung des Schiefers eintritt; sodann zersetzt sich der eingesprengte Schwefelkies in Schwefelsäure und Eisenoxyd und das Gestein nimmt grauröthliche Farben an. Nach den zahlreich vorhandenen Rissen und Klüften zerfällt es in scharfkantige Stücke, die sich zum Theil sehr lange erhalten, zum Theil aber auch unter dem Einflusse der Schwefelsäure weich und mürbe werden und sich schliesslich in einen feinsandigen, mageren Thon verwandeln, der gewöhnlich eine grau-weisse Farbe besitzt. Diese Art der Verwitterung kann aber nur da eintreten, wo der Kieselschiefer in Folge tieferer Lage dauernd der Wirkung des Grundwassers ausgesetzt ist; wo er dagegen Kuppen bildet, von denen das Wasser rasch abfliesst, verwittert er durch blossen mechanischen Zerfall zu einem äusserst unfruchtbaren, steinigen Boden.

Reine Quarzite, wie sie als Einlagerungen in den archäischen und paläolithischen, sowie manchen jüngeren Formationen (Braunkohlenformation) vielerorts vorkommen, liefern einen äusserst geringfügigen Verwitterungsboden, der fast nur aus mechanisch (durch Hitze und Frost) zertrümmerten Stücken des Untergrundes besteht und ausserordentlich steril ist.

Die Grauwackengesteine, die in den älteren Formationen gleichfalls eine bedeutende Rolle spielen, liefern bei ihrer Verwitterung wiederum lehmige Böden, welche mit zahlreichen scharfkantigen, polyedrischen Stücken des ursprünglichen Gesteins durchsetzt sind.

Innerhalb der paläolithischen Schiefer finden sich häufig Einlagerungen von sogen. Knotenkalken und Kalkknotenschiefern, die durch reihenförmig angeordnete, in die Schiefermasse eingebettete Knollen unreinen Kalkes entstanden sind. Bei der Verwitterung werden die Kalke ausgelaugt und es entsteht als Rückstand ein hochrother bis gelbbrauner Thon, welcher mit thonigem Brauneisenstein und Rotheisenerz durchsprengt ist.

Die thonig-mergligen Gesteine der mesolithischen Formationen liefern schwere Böden, deren Durchlässigkeitsgrad durchaus von der Beschaffenheit und Menge der neben dem Thon im Gesteine vorkommenden kalkigen, dolomitischen oder sandigen Beimengungen abhängig ist.

Die reinen Thonmergel, wie sie beispielsweise im Keuper mächtige Schichtencomplexe zusammensetzen, geben ausserordentlich

strenge, schwere Böden, die nach unten hin ganz allmählich in das ursprüngliche Gestein übergehen und bei trockener Witterung bis zu grossen Tiefen aufreissen, bei nasser dagegen dem Eindringen des Wassers einen starken Widerstand entgegenstellen. Dagegen liefern die fetten Thone an sonnigen Gehängen unter Umständen auch einen feinen grusigen Boden. Mit zunehmendem Sandgehalte werden sie lockerer und durchlässiger und verlieren dann mehr und mehr die Eigenschaft, in der heissen Jahreszeit Schwundrisse zu bilden.

Bei der Verwitterung von Sandsteinen ist eine sehr grosse Mannigfaltigkeit von Erscheinungen zu beobachten, je nach dem Bindemittel, welches die einzelnen Sandkörner verkittet, und je nach der mineralogischen Zusammensetzung dieser selbst. Reine Quarzsandsteine mittleren Kornes, die durch ein kieseliges Bindemittel verbunden sind, verhalten sich den Quarziten sehr ähnlich und liefern bei der Verwitterung sterile Sandböden mit zahlreichen unzersetzten grösseren und kleineren Gesteinsblöcken. Lockere Sandsteine mit kaolinigem oder thonigem Bindemittel zerfallen und bilden einen mageren, sandigen, trockenen Boden. Sind solche Sandsteine sehr feinkörnig, so können sie zu einem ausserordentlich feinsandigen Boden verwittern, welcher oftmals gewissen, als Lösslehm bezeichneten diluvialen Bildungen sehr ähnlich wird und da, wo echte Lösslehmbildungen sich finden, von diesen nur schwierig zu unterscheiden ist.

Wenn solche Sandsteine dünnplattig werden und mit Einlagerungen von dünnen Thon- und Lettenbänkchen wechseln, so resultiren daraus, wie z. B. in der oberen Abtheilung des Schilfsandsteins im fränkischen Keuper, tiefgründige, fruchtbare, thonige Böden. Auch kommt es in solchen Fällen vor, dass der ganze Boden so innig mit schiefrigen Sandsteinplättchen aus derartigen Zwischenlagerungen durchsetzt ist, dass die Verbreitung derselben für die Aufsuchung der geologischen Grenze mit Erfolg benutzt werden kann.

Das ist beispielsweise der Fall bei den Semionotussandsteinen des mittleren Keupers, an solchen Stellen, wo ein häufiger Wechsel dünner Sandsteinlagen mit schiefrig-thonigen Zwischenschichten sich findet.

Durch Eisenverbindungen verkittete Sandsteine verwittern in der Weise, dass das Eisen zu Eisenhydroxyd zersetzt wird, woraus ein dunkelbrauner, sandiger Verwitterungsboden entsteht, in welchem

unter Umständen der Eisengehalt zu schlackenartigem Eisenerz sich konzentriren kann; dieses letztere kann sogar eine sekundäre Wiederverkittung der Sandkörner bewirken.

Sandsteine mit kalkigem oder dolomitischem Bindemittel zerfallen durch Auflösung desselben in losen Sand, dessen mehr oder weniger thonige Beschaffenheit von der Menge der den Quarzkörnern beigemengten Feldspathindividuen abhängig ist. Manche Sandsteine sind reich an glaukonitischen Beimengungen; dieselben beeinflussen das Verwitterungsprodukt in der Weise, dass sehr fruchtbare kali- und phosphorsäurereiche, etwas thonige Böden entstehen. Dieselben sind gewöhnlich von gelber Farbe und bestehen aus einem mehr oder weniger kalkreichen Lehmboden, wie z. B. diejenigen der cenomanen Grünsandsteine im Königreich Sachsen. Im Allgemeinen gilt für die Sandsteine, dass sie um so mehr Stücke des unverwitterten Gesteins im Verwitterungsboden enthalten, je schwerer zersetzbar ihr Bindemittel ist.

Reine Kalksteine, wie beispielsweise der Marmor, liefern bei der Verwitterung überhaupt keinen nennenswerthen Rückstand. Ihre Oberfläche erscheint in eigenthümlicher Weise angefressen und zernagt, wobei in kleineren oder grösseren Verhältnissen rauhe Zacken und Hervorragungen sich bilden, die durch bisweilen nach unten sich erweiternde Rillen und Furchen mit einander in Verbindung stehen. In besonders grossartigem Massstabe tritt diese Verwitterung in den sogen. Schrattenkalken des Hochgebirges ein, als deren Folge die sogen. Karrenfelder entstehen. In den meisten Fällen aber sind die Kalksteine nicht rein, sondern führen allerlei Beimengungen, welche die Natur des entstehenden Verwitterungsproduktes im Wesentlichen bedingen. Die häufigste Beimengung der Kalksteine sind thonige Substanzen, durch deren Zunahme die Kalksteine allmählich in kalkreiche Mergel übergehen. Bei der Verwitterung wird der Kalk aufgelöst und fortgeführt und die thonigen Theile bleiben mit mehr oder weniger zahlreichen Bruchstücken des unverwitterten Gesteins durchsetzt übrig. So bildet der Wellenkalk des unteren Muschelkalkes einen flachgründigen Boden, der bei flacherer Neigung der Oberfläche in Folge der Häufung der thonigen Theile etwas tiefer wird, an steileren Gehängen aber, wo jene vom Winde und von den Regenwassern dauernd fortgeführt werden, sehr steril ist und fast ganz und gar aus losen eigenthümlich zerfressenen Kalksteinstücken besteht.

Die Trochitenkalke an der Basis des oberen Muschelkalkes

bilden dagegen eine nur äusserst geringfügige Ackerkrume, sodass die von ihnen eingenommenen Gebiete fast immer dürre, unfruchtbare, zum Ackerbau untaugliche Flächen bilden.

Ganz anders verhalten sich die darüber und darunter lagernden, an thonigen Theilen reichen Mergel des mittleren Muschelkalkes und der Nodosen-Schichten. Während die ersteren zu sehr fruchtbaren, gelblichen, thonigen Massen verwittern, bilden die letzteren je nach dem Terrain flach- bis tiefgründige, thonige Ackerkrumen, welche durch einen grossen Reichthum an Kalksteinstücken sich auszeichnen. Die letzteren werden oft so häufig, dass sie den Ackerbau auf dem sonst guten Boden stören und deshalb in grossen Haufen auf den Feldern zusammengelesen werden.

Ganz ähnlich verhalten sich gewisse Kalke im oberen weissen Jura, die auf ebenen Hochflächen mit einem dunkelbraunen, lockeren Weizenboden bedeckt sind, wobei die Felder wie gepflastert mit weissen zerfressenen Kalksteinen erscheinen, während dieselben Schichten an Abhängen steinige, sterile Böden liefern.

Manche Kalksteine enthalten Partien, die an Eisenspath reich sind; dieselben liefern bei der Verwitterung den sogen. Ockerkalk. Der die Färbung bewirkende Eisenocker ist aus der Zersetzung des Eisenspathes entstanden und bleibt häufig nach Fortführung des Kalkes allein zurück. Seine intensive Farbe erleichtert beispielsweise im Thüringer Obersilur die Verfolgung des sogen. Ockerkalkhorizontes ausserordentlich.

Die als Rauchwacken bezeichneten Dolomite, die besonders im mittleren Zechstein auftreten, zerfallen stellenweise, wie bei Gera, durch die Verwitterung zu einem aus lauter kleinen Bitterspathkryställchen bestehenden Dolomitgruse. Im Gestein sind dieselben durch ein Bindemittel von dolomitischem Kalke fest verkittet. Da nun dieser dolomitische Kalk den Atmosphärilien geringeren Widerstand bietet und seinen Kalkgehalt leichter verliert als die Bitterspathkrystalle, so wird das Gestein allmählich immer dolomitischer, poröser und lockerer und zerfällt zuletzt zu dem genannten Gruse. Diese Verwitterung kann das Gestein bis zu Tiefen von mehreren Metern in ein loses Aggregat umwandeln, welches dann bisweilen in ausgedehnten Gruben zur Mörtelfabrikation ausgebeutet wird. Aehnlich verhalten sich manche Dolomitmergel des mittleren Muschelkalkes.

Auch die losen Gesteine der Quartärzeit sind weitgehenden und oftmals tief eingreifenden Einwirkungen der Verwitterung unterworfen. Der Löss verliert durch Auslaugung oft durch die ganze

Schichtenmächtigkeit hindurch seinen kohlensauren Kalk und wird in sogen. Lösslehm, in Süddeutschland „Leimen" genannt, umgewandelt, wobei gleichzeitig einmal die für den Löss so charakteristische Haarröhrchenstruktur verloren geht und ein strukturloser Lehm entsteht, sodann aber auch durch Oxydation der Eisenverbindungen die Farbe aus dem lichten Hellgelb in ein dunkleres Gelb bis Rothbraun sich umwandelt.

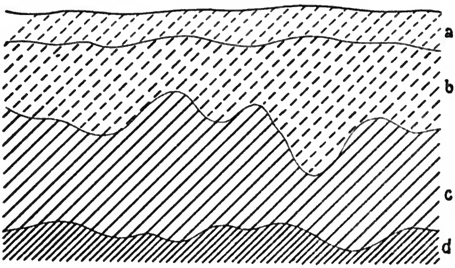
Auch in den glazialen Bildungen des norddeutschen Flachlandes ist die Entkalkung der ursprünglich bis an die Oberfläche mit schwankendem Kalkgehalte versehenen Gebilde die am meisten in die Augen springende Verwitterungserscheinung. Dieser Prozess greift um so mehr in die Tiefe, je durchlässiger sich das Gestein gegenüber den Tageswassern verhält. So kommt es, dass die von Natur kalkarmen Diluvialsande oftmals in Tiefen von 5—6 m noch völlig kalkfrei erscheinen. Weniger tief pflegt die Entkalkung in den gröberen Kiesen oder Granden in die Tiefe zu gehen, da dieselben von vornherein durch einen grösseren Kalkreichthum sich auszeichnen.

Die feinkörnigen Mergelsande und die Thonmergel des Diluviums sind gewöhnlich nur in den obersten Dezimetern entkalkt und das unverwitterte Gestein beginnt selten in grösserer Tiefe als 2 m.

Die Grundmoränen des norddeutschen Glazialgebietes, die Geschiebemergel, zeigen in Folge ihrer komplizirteren Zusammensetzung eine grosse Fülle von Verwitterungserscheinungen. Die am weitesten in die Tiefe reichende ist die Oxydation der Eisenverbindungen. Während der ursprüngliche Geschiebemergel (d in Fig. 14) eine durch Eisenoxydulsalze bedingte dunkelgraue Färbung besitzt, sind die obersten 4—7 m durch Oxydation derselben zu Eisenhydroxyd gelbgrau gefärbt (a—c). In geringere Tiefen reicht der Entkalkungsvorgang, durch welchen der Geschiebemergel in einen dunkler gefärbten gelb- bis rothbraunen Geschiebelehm (b) umgewandelt wird. Aus dem ersteren entsteht durch Zersetzung der Feldspathe und anderer Silikate, sowie durch Fortführung der entstandenen thonigen Produkte durch das Wasser und durch den Wind ein lehmiger Sand (a), der in weiten Gebieten Norddeutschlands den Ackerboden bildet. Diese verschiedenen über einander folgenden Verwitterungsbildungen reichen durchaus nicht gleichmässig weit in die Tiefe, sondern erscheinen in Aufschlüssen durch wellig auf- und absteigende Linien begrenzt, wobei oft genug sackartige Ein-

stülpungen der oberen Schicht in die untere sich beobachten lassen. Ausserdem ist bei allen Diluvialbildungen die Mächtigkeit der Verwitterungsrinde regional ausserordentlich verschieden. Während beispielsweise in der Mark die Verwitterung der Geschiebemergel, abgesehen von der Oxydation der Eisenverbindungen, nur die oberen 1—2 m der Schicht beeinflusst hat, schwillt z. B. in vielen Theilen Hinterpommerns diese Verwitterungsrinde auf 4—5 m an und sinkt andererseits in manchen Gegenden, beispielsweise in der Uckermark und in manchen Theilen Ost- und Westpreussens, auf

Fig. 14.



weniger als ½ m, und in gleichen Verhältnissen schwankt sie in den genannten Gebieten auch bei den geschichteten sandigen und thonigen Ablagerungen.

Auch die Eruptivgesteine zeigen, wie dies bei ihrer ausserordentlich wechselnden Zusammensetzung und Struktur von vornherein zu erwarten ist, sehr bedeutsame und für die Erkennung des Ursprungsgesteins wichtige Unterschiede in der Beschaffenheit des Verwitterungsbodens.

Der in grossen, gebirgsbildenden Massen auftretende Granit ist in den meisten Fällen durch mehrere einander kreuzende Systeme von Klüften in grosse Blöcke zerlegt, auf deren Begrenzungsflächen die atmosphärischen Wasser in die Tiefe dringen, so dass sie die einzelnen Stücke von allen Seiten her gleichmässig angreifen können. Das Gestein wird dadurch aufgelockert und zerfällt zu einem losen, braunen Grus, in welchem die einzelnen Bestandtheile und die Struktur des Gesteins oft genug noch erkannt werden können. Dieser Grus kann auf Berggipfeln vom Winde und da,

wo das Gelände geneigt ist, von diesem und vom Wasser fortgeführt werden, und es bleiben alsdann die inneren, von der Verwitterung noch nicht angefressenen Theile der einzelnen Stücke als Blöcke an der Oberfläche liegen. So entstehen die bekannten Blockmeere, welche auf allen grösseren Granitgebirgen in chaotischer Uebereinanderhäufung die Oberflächen bedecken. Wo eine solche Fortführung des Granitgruses auf ebenem Terrain nicht möglich ist, zerfällt mit der Zeit das ganze Gestein zu diesem lockeren Haufwerke, in welchem dann nur einzelne unzersetzte Kerne noch als härteres Gestein übrig bleiben.

Andere Granite wieder, wie z. B. der Granitit der sächsischen Lausitz, zeigen eine kaolinische Verwitterung. Das Verwitterungsprodukt, welches als Kaolinthon bezeichnet werden kann, ist im reinsten Zustande von fast weisser Farbe, meistens jedoch durch Eisenausscheidungen, welche dem Feldspath und Glimmer entstammen, gelb- und rothbraun gefleckt und geflammt. Dieser Eisengehalt kann durch Anreicherung zur Bildung intensiv rothbrauner, flammiger Thone führen. Dieser nur wenig plastische Kaolin fühlt sich milde, zuweilen sogar specksteinartig an, färbt leicht ab und ist mit zahllosen kleinen Quarzkörnchen durchsetzt, die nach der Kaolinisirung des Feldspathes naturgemäss übrig bleiben müssen.

Aehnlich wie der Granit verhalten sich die Quarzporphyre, bei denen gleichfalls eine Auflösung des Gesteins in seine einzelnen Bestandtheile erfolgt, so dass ein grob-sandiger meist sehr steiniger und ziemlich steriler Boden entsteht.

Wesentlich anders verhalten sich die Diabase; sie verwittern überaus leicht, und das in frischem Zustande dunkel schwarzgrüne Gestein bräunt sich. Von den Klüften aus schreitet die Verwitterung oft in konzentrischen, kugligen Schalen nach dem Kerne der von ihnen begrenzten Stücke hin vor, und die Schalen zerfallen schliesslich in einen lehmigen, rostbraunen Grus, aus welchem ein tief röthlich brauner, sehr warmer, lockerer Boden hervorgeht, der in Folge seines Reichthums an Pflanzennährstoffen von grosser Fruchtbarkeit ist. Dabei führt der Reichthum der Diabase an Eisenverbindungen oftmals zu einer Anreicherung derselben, besonders an den Grenzflächen des Gesteins, welche bis zur Entstehung abbauwürdiger Erze führen kann. Die unzersetzten Kerne liegen in diesem Grus in den meisten Fällen als kuglige Massen, können aber auch pilzförmige, wurzelförmige oder ganz bizarr

gestaltete Verwitterungsreste liefern, die dann im Ausgehenden der Diabasgänge an der Oberfläche liegen und zur Verfolgung der Gänge im Felde gute Dienste leisten können. Ganz analog verhalten sich viele Lamprophyre und ähnliche Gesteine.

Schlackig-porös erstarrte Diabase sind durch spätere Ausfüllung der Hohlräume durch kohlensauren Kalk in sogenannte Kalkmandeldiabase verwandelt. Bei der Verwitterung wird dieser kohlensaure Kalk wieder ausgelaugt und das ursprüngliche Aussehen des Gesteins, abgesehen von der Farbe, wieder hergestellt. Es entstehen auf diese Weise schaumig-poröse, schlackige Gesteine, die in einzelne kleine Stücke zerfallen und dann durch ihr Aussehen fast gar nicht mehr an den Kalkmandelstein erinnern, aus dem sie entstanden sind.

Unter den jüngeren Eruptivgesteinen haben die Trachyte in ihrer Verwitterung mit den Graniten eine gewisse Aehnlichkeit, da auch sie in einen meist licht gefärbten, scharfen Grus zerfallen. Dagegen liefern die Phonolithe gewöhnlich grau bis braun gefärbte, unreine Thone, und die Basalte zerfallen zu einer gelbgrünen bis braunen und schwärzlichen, lockeren Erde von grosser Fruchtbarkeit; auch wandelt der Basalt bei der Verwitterung seine tiefbraune bis schwarze Farbe in eine eigenthümlich grünlich bräunliche um, so dass er ein völlig anderes äusseres Ansehen annehmen kann.

Besonders tief greifend ist die Verwitterung bei den vulkanischen Tuffen einschliesslich der Diabastuffe. Dieselben verwittern zumeist zu tiefgründigen und wenig steinigen, lehmigen und thonigen Böden, welche fast gar keine Struktur besitzen und nur durch Studium im Aufschlusse ihre Entstehung aus dem unverwitterten Gesteine erkennen lassen.

Von hoher Bedeutung für den kartirenden Geologen sind gewisse Residualbildungen der Verwitterung. Zahlreiche Gesteine enthalten einen oder den anderen Gemengtheil, der bei der Zersetzung entweder unverändert bleibt, oder neue, eigenthümliche Formen annimmt. Da wo das feinere Verwitterungsmaterial durch Wind und Regen weiter transportirt werden kann, bleiben diese Körper oftmals liegen und werden allmählich angereichert, so dass die früher durch eine grosse Schichtenmächtigkeit zerstreuten derartigen Bildungen in einer dünnen Oberflächenschicht angehäuft erscheinen. Es können an dieser Stelle nur einige charakteristische Fälle herausgehoben werden. So enthält der aus dem Schilfsandstein des fränkischen Keupers hervorgegangene Boden zahlreiche Stückchen von

Rotheisenstein, welche die Verfolgung des Horizontes erleichtern. Aus den unteren Letten des oberen Zechsteines in Ostthüringen wittern örtlich Nieren braunen Thoneisensteins heraus, die im Ausstreichen der Schicht sich häufen. In den Letten und Mergeln des Zechsteins, Muschelkalkes und Keupers sind zahlreiche Gyps- und Salzeinlagerungen vorhanden oder ursprünglich vorhanden gewesen. Vielfach sind Gyps und Salz gelöst und fortgeführt, und als Rückstände ursprünglich mächtiger Einlagerungen sind eine Reihe verschiedenartiger Gesteine übrig geblieben, die bei der allmählichen Abtragung der sie einschliessenden Mergel an die Oberfläche gelangen, daselbst liegen bleiben und sich häufen. Dahin gehören beispielsweise die klotzigen Massen von Zellenkalk, die in den Mergeln des mittleren Muschelkalkes sich finden, ferner Dolomitknollen, rauchwackenähnliche Dolomite, dolomitische Sandsteine und zu Quarzbreccien verkittete Quarzkryställchen, die in den Mergeln des Gypskeupers die ehemalige Existenz von Gypsschnüren und -stöcken anzeigen und ebenfalls bei der Verwitterung der Schicht an der Oberfläche angereichert sind. Dahin gehören auch die äusserst widerstandsfähigen Karneole, die für eine bestimmte Bank im Vogesen-Sandstein charakteristisch sind und die Anwesenheit dieser Bänke durch ihre Häufung an der Oberfläche auch da verrathen, wo andere Mittel zu ihrer Aufsuchung und Verfolgung versagen. Ueberhaupt sind es besonders Einlagerungen von amorpher Kieselsäure in Form von Chalcedon, Hornstein, Feuerstein, die am häufigsten als Verwitterungsresiduen das unterirdische Vorhandensein bestimmter Schichten anzeigen und bei der Aufsuchung und Verfolgung derselben wohl zu beachten sind. Hier ist auch nochmals an die Anreicherung der Trümmer von Quarzgängen und Lagern in den Verwitterungsbildungen der paläolithischen Schiefergesteine zu erinnern, die bereits oben besprochen wurde.

Oft genug auch treten eigenthümliche Farbenveränderungen bei der Verwitterung ein, die durch ihre Beeinflussung der Bodenfärbung zu wichtigen Anhaltspunkten für die Beurtheilung des Untergrundes werden können.

So besitzen manche Titaneisen-Diabase Ostthüringens in ihrem Ausgehenden in Folge der Verwitterung einen dunkel blutrothen Farbenton, während, wie wir gesehen haben, die meisten übrigen Diabase durch braune Farben sich auszeichnen. — So unterscheiden sich der untere und der mittlere Buntsandstein im Thüringer Becken auf weite Strecken durch ihre Farben, indem der untere, in Folge

der Häufung eisenreicher Letteneinlagerungen, meist röthliche, der mittlere dagegen, indem dieselben gegenüber den hellen Sandsteinbänken stark zurücktreten, lichte Farbentöne besitzt. — So konnte ferner auf Blatt Waltersdorf bei Gera die untere Stufe des Mittelrothliegenden von der Mittelstufe bei der Kartirung nach der Farbe getrennt werden, indem die Schieferthone der ersteren zu einem lebhaft gefärbten, satt rothen Boden verwittern, dessen färbende Bestandtheile durch Ausspülung vermittelst der Regenwasser nicht beseitigt werden, wohingegen dieselben aus dem Boden der Mittelstufe durch das Wasser leicht ausgezogen und fortgeschwemmt werden, so dass ein heller gefärbter Boden entsteht. — So können schliesslich, um noch ein Beispiel anzuführen, in Württemberg die Mergel des Keupers ganz vorzüglich nach ihrer Farbe kartographisch getrennt werden, indem nämlich diejenigen der Stufe δ einen bläulichgrünen, die von γ einen rothen und schliesslich diejenigen von α einen dunkelgrauen Farbenton besitzen, und zwar sowohl im ursprünglichen Gestein als auch im Verwitterungsboden.

Kapitel 8.

Beobachtungen über die Fossilienführung.

3. Die Fossilienführung. Während man in früheren Zeiten unter einem Fossil jede aus der Erde gegrabene Sache verstand, ist heute der Name beschränkt auf jedes in einer Schicht — mag sie nun von höchstem Alter oder ganz jugendlich sein — ganz oder theilweise erhaltene, ehemalige Lebewesen, gleichviel, ob dasselbe dem Thier- oder dem Pflanzenreich angehört, ob es von hervorragender Grösse oder von mikroskopischer Kleinheit ist. Aber nicht nur die Reste der Körper ehemaliger Lebewesen fallen unter den Begriff der Fossilien, sondern auch alle diejenigen Spuren, die auf ihr ehemaliges Vorhandensein hinweisen. Ein Fossil ist die Spur, welche ein schreitendes Wirbelthier mit seinem Fusse im weichen Schlamme erzeugt hat, oder diejenige, die ein Wurm, eine Muschel, ein Krebsthier beim Hinkriechen über den schlammigen oder sandigen Meeresgrund hinterlässt, wenn dieselbe uns in geologischen Schichten aufbewahrt wurde. Als ein Fossil haben wir die Spuren zu bezeichnen, durch welche Nagethiere an Früchten der Vorzeit sich gewissermassen verewigt haben. Ein Fossil sind die Bohrgänge, welche die Larven von

Käfern in Hölzern, diejenigen anderer Insekten in Blättern karbonischer Farne erzeugt haben. Unter denselben Begriff fallen die verhärteten Exkremente von Thieren und die Löcher, welche Bohrmuscheln in treibende Hölzer oder die Gesteine der Meeresküste eingebohrt haben; ja selbst die kreisförmige Spur, welche eine vom Winde bewegte, im Sande wurzelnde Pflanze durch diese ihre Bewegung erzeugt, stellt in diesem Sinne, wenn in geologischen Schichten beobachtet, ein Fossil dar.

Die Art und Weise, wie der organische Rest erhalten ist, wie uns also die Fossilien entgegentreten, ist eine ausserordentlich verschiedene. Im Allgemeinen lässt sich als Regel aufstellen, dass der Versteinerungsprozess die organische Substanz des Körpers zerstört hat, aber dieser Satz erfährt vielfach Ausnahmen. Während das Zellengewebe des thierischen Körpers fast durchweg völlig verschwunden ist und nur in den im beständigen Eisboden nördlicher Länder eingefrorenen Leichen diluvialer Thiere eine Ausnahme von allerdings kolossalem Umfange vorliegt, hat sich die Pflanzenwelt wesentlich anders verhalten, und wir beobachten in äusserst zahlreichen Fällen die Reste dieser Abtheilung der Lebewesen in mehr oder weniger ursprünglichem Zustande. In den Braunkohlenhölzern beispielsweise nehmen wir nur eine durch die unendlichen Zeiträume seit ihrer Einbettung bewirkte chemische Veränderung der organischen Substanzen wahr, während ihr innerer Bau bis auf die geringsten Einzelheiten erhalten geblieben ist. Nicht direkt erhalten, aber doch in gewissen Spuren und Umrisslinien noch sichtbar, tritt uns die organische Substanz im Thierreich in einigen wenigen besonders günstigen Fällen entgegen. Hier wären zu nennen die Abdrücke von Medusen und Belemnitenthieren in den lithographischen Schiefern von Solenhofen, die Erhaltung der Körperumrisse durch eine ausserordentlich dünne Schicht kohliger Substanz bei manchen Individuen von Ichthyosaurus im schwäbischen Lias, vor allen Dingen aber die wunderbare Erhaltung Tausender von Insekten und anderen niederen Thieren im Bernstein und in verwandten fossilen Baumharzen. Auch bei der Einbettung der Reste in phosphorsaurem Kalke oder in Kieselgallert hat bisweilen eine Erhaltung feiner organischer Theile stattgefunden, wie z. B. die Beobachtung von zarten Borstenhärchen stecknadelkopfgrosser Entomostraceen in Kieselmasse beweist. Von diesen Ausnahmen abgesehen aber sind es die Hartgebilde der organischen Körper, die Knochenpanzer und die verschiedenartigen inneren und äusseren Kalk- und Kieselskelette der verschiedensten

Geschöpfe, die uns erhalten sind. In vielen Fällen bestehen sie auch in fossilem Zustande noch aus derselben Substanz, die das Thier ursprünglich ausschied, wie beispielsweise die Schalen von Schnecken und Muscheln in zahlreichen Ablagerungen. In vielen anderen Fällen dagegen hat eine theilweise oder vollständige Auflösung dieser ursprünglichen Substanz stattgefunden, und an der Stelle des Fossils findet sich heute im Gestein entweder ein Hohlraum, oder es ist die gelöste Substanz oft in der vollkommensten Weise durch eine chemisch anders beschaffene ersetzt worden. Derartige Ersatzstoffe sind: Kieselsäure, die ganz besonders häufig als Versteinerungsmittel, zumal im Pflanzenreiche, auftritt (verkieselte Baumstämme), Kalkspath, der den ursprünglichen Aragonit in manchen Fällen ersetzt, Eisenspath, Schwefelkies, Flussspath, Hämatit und in sehr vielen Fällen auch mehr oder weniger reiner Phosphorit. Bei solchen Umwandelungsprozessen blieb die innere Zellen- oder andere Struktur des betreffenden Körpers entweder vollkommen und bis ins Einzelne hinein erhalten oder sie ging mehr oder weniger vollständig verloren. Letzteres ist natürlich immer dann der Fall, wenn ein Hartgebilde zunächst vollständig aufgelöst und entfernt wurde und hierauf erst eine Ausfüllung des Hohlraumes durch eine andere Substanz erfolgte, während die Struktur in dem Falle erhalten blieb, dass der Austausch des gelösten durch den Ersatzstoff ganz allmählich und Zug um Zug erfolgte. In vielen Fällen ist auch der organische Rest vollkommen verschwunden, es hat kein Ersatz stattgefunden und ein Hohlraum tritt uns im Gestein entgegen, dessen Form derjenigen des verschwundenen Körpers genau entspricht. Wenn ein hohler Körper nach seiner Einbettung, wie dies meistens der Fall war, mit der Einbettungssubstanz ausgefüllt wurde und in einer späteren Zeit eine Fortführung des organischen Restes selbst stattfand, so entstand ein Hohlraum des Gesteins, innerhalb dessen der Abdruck des inneren Hohlraumes des organischen Restes als sogenannter Steinkern sich befindet. Die äussere Seite des Hohlraumes giebt uns in solchem Falle ein Spiegelbild von der Aussenseite des verschwundenen organischen Restes, und der Steinkern den Ausguss des inneren Hohlraumes desselben Restes. War dagegen ein solcher hohler Körper hohl geblieben, dann ausgelaugt und hierauf der entstandene Hohlraum vollständig auf's Neue ausgefüllt, so entstand gleichfalls das, was man einen Steinkern nennt, nur mit dem Unterschiede, dass derselbe nicht den Ausguss des Körpers repräsentirt, sondern diesen selbst. Man nennt diese Art

der Steinkerne, da sie die Aussenskulptur des betreffenden Körpers aufs Genaueste wiedergeben, Skulptursteinkerne.

Die Ausfüllungsmasse der Steinkerne sowohl wie der Skulptursteinkerne steht in den meisten Fällen in den engsten Beziehungen zu dem Gestein, in welchem sie eingebettet sind.

Der Charakter des Gesteins, in welchem die Versteinerungen liegen, ist ausserordentlich bestimmend für die Art und Weise der Erhaltung, und es kann genau der gleiche organische Rest in ganz verschiedener äusserer Form sich darstellen, je nachdem er in dem einen oder anderen Gestein eingebettet ist. So erscheinen zahlreiche Muscheln und Schnecken in Kalk und Mergel mit ihrer ursprünglichen Wölbung, während in Schiefern und ähnlichen Gesteinen dieselben in einer Ebene zusammengepresst, zerbrochen und verdrückt erscheinen und bedeutend schwieriger zu erkennen sind. Die Fische des Kupferschieferflötzes erscheinen flach gedrückt und in eine Ebene zusammengelegt, während diejenigen in manchen Sandsteinen und in kalkigen Konkretionen mancher Schiefer plastisch erhalten sind und so herauspräparirt werden können, dass die Form des lebenden Fisches wieder sichtbar wird. Ein und dasselbe Blatt erscheint in einem feinen Thone mit den schärfsten Umrissen und mit der Wiedergabe der Nervatur bis in die äussersten Verzweigungen hinein, während es auf einem gröberen Sandstein oder in einem Konglomerate als dünner, in der Nervatur undeutlicher, in der Umrandung wenig charakteristischer Hauch erscheint.

Der Reichthum der Versteinerungen in den petrographisch verschiedenen Gesteinen ist ein ausserordentlich verschiedener, aber alle Regeln, die man dafür etwa aufstellen wollte, würden nur mit zahlreichen Ausnahmen Geltung besitzen. Die meisten krystallinischen Gesteine sind vollkommen frei von Versteinerungen. Der Satz gilt aber nur, soweit diese Gesteine der archäischen Formationsreihe angehören, und auch in Bezug auf sie wird vielleicht noch die Zeit kommen, wo er seine unbedingte Gültigkeit verliert. Dagegen sind manche Gesteine zu ihrem hohen Grade von Krystallinität durch spätere Umwandelung gelangt und enthalten in solchen Fällen auch Versteinerungen, wenngleich dieselben gewöhnlich wenig gut erhalten und schwierig zu bestimmen sind. Es gehören dahin beispielsweise die krystallinen Schiefergesteine weiter Gebiete Norwegens, die kambrischen und silurischen Alters sind, und die hochkrystallinen und mineralreichen Gesteine liassischen Alters (Bündner Schiefer) in den zentralen Alpen.

Der Mangel an Versteinerungen in den krystallinischen Schiefern erstreckt sich auf die mit ihnen wechsellagernden kalkigen und kieseligen Gesteine. Je seltener solche Reste in einer ganzen Formation sich finden, um so grösser ist natürlich ihr Werth, da sie geeignet sind, über die Altersverhältnisse und die Tektonik weiter Gebiete ein bedeutsames Licht zu verbreiten. Auch reine Quarzsandsteine oder mächtige Systeme dickbänkiger, rother Sandsteine (Buntsandstein) sind gewöhnlich ausserordentlich arm an Versteinerungen. Andererseits giebt es Sandsteine, die sich schichtweise durch recht bedeutende und häufige Fossilführung auszeichnen, wie beispielsweise die mächtige Sandsteinfolge der sächsischen Kreide. Günstiger wird die Aussicht auf Versteinerungen, wenn die Sandsteine an Thongehalt gewinnen, dünnschichtig werden, mit reinen Lettenschichten wechsellagern und wenn gar Mergelbänke sich einstellen. Im ersteren Falle sind häufig Pflanzenabdrücke, im letzteren besonders Schalreste zu finden; grösser wird gewöhnlich noch der Reichthum, wenn die Sandsteine in sandige Schiefer oder gar in Schieferthone übergehen und wenn in letzteren eine dunkle Färbung durch Häufung bituminöser Substanzen eintritt. Dies ist gewöhnlich in Schichtenfolgen der Fall, denen Kohlenflötze eingeschaltet sind, und es sind dann die betreffenden Schichten im unmittelbaren Hangenden und Liegenden der Steinkohle gewöhnlich sehr reich an meist prachtvoll erhaltenen Abdrücken von Pflanzen, seltener von Thieren. Dagegen sind die Kohlenflötze selbst, obwohl sie ganz und gar aus organischer Substanz bestehen, arm an wohlerhaltenen Resten, und es gehören besondere, später zu besprechende Methoden dazu, um aus ihnen die organischen Reste so herauszupräpariren, dass sie der näheren Untersuchung zugänglich werden.

Kommen in dem kohlenführenden Verbande Kalksteinflötze vor, so enthalten diese häufig die Reste mariner Lebewesen, und es sind solche Funde von ganz besonderer Bedeutung, da sie genauere Anhaltspunkte über das Alter der betreffenden Flötze zu liefern vermögen. Am allerungünstigsten für die Erhaltung organischer Reste erweisen sich grobe Konglomerate, in denen fast immer nur gröbere organische Reste zu erwarten sind. So finden sich in manchen karbonischen Konglomeraten Stücke von Stämmen der damaligen Pflanzen, während Blätter und andere feinere Theile derselben Pflanzen fehlen, und auch in den jüngsten Konglomeraten unserer heutigen und der diluvialen Ströme findet man vorwiegend nur widerstandsfähige Knochen und Zähne grosser Säuger. Für die Häufig-

keit oder Seltenheit von Versteinerungen in den paläozoischen Thonschiefern lassen sich kaum irgendwie bestimmte Regeln aufstellen: während einerseits mächtige Folgen derselben so gut wie ganz frei von Versteinerungen sind, häufen sich in anderen Schichtenabtheilungen (devonische Tentakulitenschiefer, silurische Graptolithenschiefer) dieselben so an, dass man an manchen Stellen keine Platte spalten kann, ohne auf den betreffenden Flächen den genannten Resten zu begegnen.

Sehr verschieden ist auch das Verhalten der Kalksteine; rein krystalline Kalke sind gewöhnlich arm an Versteinerungen, oder wenn sie solche enthalten, so sind dieselben durch den Prozess des Krystallinischwerdens des Gesteins so umgewandelt, dass man sie im Querbruch des Gesteins durchaus nicht oder nur höchst undeutlich zu erkennen vermag. In solchen Fällen hilft aber die Natur selbst wieder, sie uns deutlicher zu machen, indem durch den Krystallisationsprozess hindurch gewisse Eigenthümlichkeiten in der Substanz der organischen Reste sich erhalten haben, die dieselben den Angriffen der Atmosphärilien gegenüber widerstandsfähiger machen. Wenn die fortschreitende Verwitterung das Gestein angreift, so treten die eingeschlossenen Versteinerungen auf der Verwitterungsoberfläche allmählich reliefartig wieder heraus und ein Gestein, auf dessen frischen Bruchflächen fast nichts zu erkennen war, erweist sich nunmehr als zusammengesetzt aus Massen von Korallen, oder es führt zahlreiche Brachiopoden, oder besteht aus den Stielgliedern und vereinzelten Kelchen von Crinoiden, oder es treten grosse Cephalopoden aus ihm heraus. Ganz ähnlich wie solche Kalksteine verhalten sich viele Dolomite, die nichts anderes sind als veränderte, ehemalige Korallenriffe. Auch auf ihrer Oberfläche werden die Versteinerungen durch die Atmosphärilien gewissermassen herausgeätzt und der auf Versteinerungen fahndende Geologe muss diesen Umstand in den Fällen benützen, in denen ihm solche krystallinen Kalke oder Dolomite in mächtigen Stöcken begegnen. Stundenlanges Absuchen der etwa in einem Steinbruche gewonnenen Bau- oder Bruchsteine kann in solchen Fällen vollkommen ergebnisslos sein, während die Untersuchung der Verwitterungsflächen, des auf die Halde gestürzten Abraumes oder der am Fusse einer Klippe liegenden, herabgestürzten und seit langer Zeit der Verwitterung ausgesetzten Blöcke oder der Lesesteine im Felde in kurzer Zeit eine Ausbeute zu liefern vermag. — Viel reicher an Versteinerungen wird der Kalkstein und viel besser zu gewinnen

sind dieselben, wenn reichliche thonige Beimengungen sich einstellen und das Gestein einen mergeligen Charakter annimmt. Daher kommt es, dass mergelartige Bänke zwischen reinen Kalksteinen oftmals voll von Versteinerungen sitzen, während in ihrem Hangenden und Liegenden keine Spur zu entdecken ist.

Ganz besonders muss noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass konkretionäre Bildungen in sehr vielen Fällen versteinerungsreich sind, während das Gestein, in welchem sie liegen, entweder ganz frei davon, oder wenigstens arm daran ist. So sitzt z. B. fast der ganze Versteinerungsreichthum gewisser schwarzer Schiefer in den Goldlauterer Schichten des Thüringer Rothliegenden in flach linsenförmigen Konkretionen, welche zu vielen Tausenden im Gestein stecken und beim Zerschlagen in ihrem Inneren den organischen Rest, einen kleinen Fisch oder einen Theil eines grösseren Fisches oder Exkremente oder etwas Aehnliches enthalten. Hier wären auch als Beispiel die an Fischresten so reichen Thoneisensteinknollen der Lebacher Schichten des mittleren Rothliegenden zu nennen.

Bekannt ist der Versteinerungsreichthum der fast ganz aus Muscheln und Schnecken bestehenden Sternberger Kuchen, die voraussichtlich nichts anderes sind, als konkretionäre Bildungen in einem versteinerungsarmen Tertiärsande. Ganz ähnlich verhält es sich mit den an Ammoniten reichen Kalkkonkretionen, die in Thonen liassischer Schichten sich finden, oder mit den zahlreichen Thoneisensteinkugeln, die im mitteloligozänen Stettiner Sande liegen und fast immer eine Muschel oder eine Schnecke oder ein Fragment eines Krebses oder Fisches enthalten. Auch in den Kalkknotenschiefern der Devonformation finden sich die organischen thierischen Reste gewöhnlich nur in den Kalkknollen. Die Ursache dieser Erscheinung liegt natürlich darin, dass die organische Substanz des verwesenden Thieres eine gewisse chemische Umsetzung veranlasst hat, durch welche die Konkretion entstand, so dass die letztere nur eine Wirkung des in ihr eingeschlossenen Körpers darstellt.

Die Produkte des Vulkanismus enthalten natürlich nur in dem Falle organische Reste, dass sie im Wasser abgelagert wurden. Man wird nach ihnen also auch nur in den sogen. Tuffen zu suchen haben, wobei zu bemerken ist, dass solche Tuffe oft auf grössere Strecken hin vollkommen versteinerungsleer sind, während an anderen Stellen wieder in grosser Häufung organische Reste zu beobachten sind.

Die Versteinerungen, die der Geologe innerhalb der von ihm untersuchten Schichten findet, lassen eine ganze Reihe von Benutzungen zu, von denen bei der Kartirung diejenige zur Bestimmung des relativen Alters der Schichten die wichtigste ist; denn das ganze System der geologischen Chronologie beruht fast ausschliesslich auf den verschiedenen Gesellschaften von Lebewesen, die seit der Bewohnbarkeit der Erde einander gefolgt sind und die, wenn auch äusserst lückenhaft, in ihren Resten uns in den Versteinerungen erhalten sind. Es ist für den Geologen bei der Aufnahme weit weniger wichtig, von vornherein genau alle Namen und Verwandtschaftsbeziehungen der aufgefundenen organischen Reste zu kennen, als die geologische Seite des Stoffes zu beherrschen, also die Identität von Versteinerungen an verschiedenen Orten festzustellen und daraus auf die Gleichaltrigkeit der sie einschliessenden Schichten zu schliessen. Damit soll selbstverständlich nicht gesagt sein, dass es nicht von Vortheil wäre, die systematischen Beziehungen und die Namen wenigstens der wichtigsten, der sogen. Leitfossilien für die in dem zu untersuchenden Gebiete auftretenden oder zu erwartenden Formationen oder Unterabtheilungen derselben zu kennen.

Ausser zur Altersbestimmung können die Versteinerungen benützt werden zur Erkennung klimatischer Veränderungen, zur Rekonstruktion vergangener geographischer Verhältnisse, zur Feststellung von Bewegungen der Erdkruste und zur Auffindung bestimmter, geologischer Horizonte, die zur Erkennung der Tektonik dienen können.

Was den ersten Punkt anbetrifft, so sind es besonders die jüngsten Ablagerungen, deren organische Reste, weil sie direkt mit den heutigen vergleichbar sind, die zuverlässigsten Schlüsse darüber zulassen, ob zur Zeit ihrer Einbettung ein milderes oder ein kälteres Klima an der betreffenden Stelle geherrscht hat, wie heute. So lehrt uns die Flora der ältesten Interglazialbildungen, dass zu jener Zeit ein wärmeres Klima herrschte wie heute, während wir andererseits durch die Funde einer arktisch-borealen Pflanzengenossenschaft an vielen Stellen Nord- und Mitteldeutschlands zu dem Schlusse berechtigt werden, dass zur Zeit der Ablagerung derselben unser Vaterland die klimatischen Verhältnisse eines polaren Landes mit niedriger Temperatur aufwies. Je weiter zurück aber, je mehr verschieden von den heutigen die aufgefundenen Lebewesen dastehen, um so unzuverlässiger werden die Schlüsse auf das Klima

jener Zeit. Schon die Glazialzeit zeigt es uns, dass nahe Verwandte von Geschöpfen, die heute ausschliesslich die Tropen bewohnen, im kalten Norden ihre Heimath hatten, wie das Mammuth und das wollhaarige Rhinozeros, und wir werden so daran gemahnt, aus den Resten von Thieren und Pflanzen, die heute nur in warmen Gegenden leben, nicht ohne weiteres darauf zu schliessen, dass die Gebiete, in denen sie fossil vorkommen, ehemals auch tropische Lebensbedingungen boten.

In vielen Fällen sind die Versteinerungen das einzige Mittel, durch welches wir bestimmte Auskunft darüber erhalten können, ob eine Schicht auf dem Festlande gebildet wurde, oder ob sie in einem Süsswasserbecken oder im Brackwassergebiete der Mündung grosser Flüsse zum Absatze gelangte, oder ob sie schliesslich ein Sediment des Meeres darstellt. Wenn wir Einlagerungen finden, reich an Pflanzenresten mit Baumstämmen, deren Wurzeln in der unterlagernden Schicht sich in natürlichem Zusammenhange mit jenen befinden, während die höhere Schicht die zu den Stämmen gehörenden Zweige, Blätter und Früchte einschliesst, so können wir annehmen, dass eine solche Ablagerung, wie wir sie aus dem Karbon und aus der Braunkohlenformation kennen, auf dem Lande und nicht unter Wasserbedeckung entstanden ist. Man bezeichnet solche Kohlenflötze, deren Material an der Stelle, wo das Flötz gebildet wurde, durch vegetative Thätigkeit entstand, als autochthone, im Gegensatze zu den durch Zusammenschwemmung von Pflanzen entstandenen allochthonen Flötzen. Als weitere Kennzeichen solcher Entstehung treten häufig Funde von Flügeldecken von Käfern und anderen Landinsekten, Reste von Eidechsen und Landschnecken dazu.

Wurde eine Schicht im Süsswasser gebildet, so finden sich oftmals neben ausserordentlich zahlreichen Resten von eingeschwemmten Landpflanzen auch solche von Wasserpflanzen und mit diesen zusammen die Schalen von Süsswasserschnecken und Muscheln, die zierlichen Klappen kleiner Süsswasser-Schalenkrebschen und die mikroskopischen Kieselpanzer einzelliger Süsswasseralgen (Diatomeen).

Bei Ablagerungen des Brackwassers gesellen sich zu einer ähnlichen Gruppe von Resten des Landes und Süsswassers solche, deren eigentliche Lebensbedingungen an das Salzwasser geknüpft sind. Gewöhnlich aber ist es nur eine kleine Zahl der gleichzeitig im reinen Meereswasser lebenden Fauna, welcher die Einwanderung in das minder salzige Mischwasser der Aestuarien

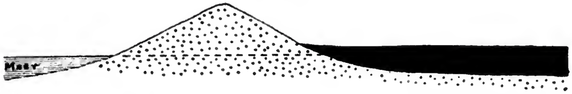
und Lagunen nicht zu schaden vermag, ein Bruchtheil, den man direkt als die brackische Aequivalenz der marinen Fauna bezeichnen kann. In reinen Meeresbildungen treten die Pflanzen und Thiere des Landes selbstverständlich ausserordentlich zurück und kommen nur noch als verschlagene, im Meere treibende Massen gelegentlich hinein. Geknüpft an das Meerwasser, und damit den marinen Ursprung einer Schicht auf das Unzweifelhafteste anzeigend, nennen wir die Korallen, die hornigen und kalkigen Bryozoen, Seelilien, Seesterne, Seeigel, sowie zahlreiche Mollusken, darunter unter anderem alle kalkschaligen Brachiopoden, sowie Seefische vom Charakter der Haie und Rochen. Ganz besonders entscheidend für den marinen Ursprung einer Ablagerung sind Angehörige der Familie der Cephalopoden, also die Orthoceren, Goniatiten, Ammoniten, Belemniten u. s. w.

Auch jugendliche Bewegungen der Erdkruste können aus der heutigen Lage von Versteinerungen sehr gut erkannt werden. Wenn z. B. in einer in gewisser Höhe über dem heutigen Meeresspiegel entlang der Küste sich hinziehenden Terrasse eine Reihe von Mollusken sich findet, mit Arten, die heute in demselben Meere oder nur wenig nördlicher oder südlicher vorkommen, so lässt sich daraus der Schluss ziehen, dass an dieser Stelle eine Verschiebung der Küstenlinie in negativem Sinne stattgefunden hat, und die Höhendifferenz zwischen der Terrasse und dem Meeresspiegel ergiebt das Mindestmass der Vertikalbewegung dieses Theils der Erdkruste. Ebenso beweiskräftig wie derartige Muschellager sind die im Felsen oberhalb des heutigen Strandes sich findenden Bohrlöcher von Bohrmuscheln, sowie die besonders an steilen oder überhängenden Felsenküsten oft lange sich haltenden Schalen von Balanen.

Findet man auf dem Festlande gebildete Ablagerungen dagegen unter dem Meeresspiegel, so ist oft daraus zu schliessen, dass eine positive Strandverschiebung stattgefunden hat, dass also das Land gesunken ist. Nur ist in diesem Falle grosse Vorsicht nöthig; so hat man beispielsweise aus dem Vorkommen von Torflagern unterhalb des Meeresniveaus der Ostseeküste schliessen wollen, dass diese Küste in Senkung begriffen ist und doch ist diese Folgerung durchaus unzulässig. Nehmen wir beispielsweise, wie im folgenden Profile Figur 15 schematisch angedeutet ist, an, dass hinter dem Dünenwalle der Küste ein Haffsee vertorft, dessen Boden 2 m unter dem Meeresspiegel, dessen Oberfläche 1 m über demselben liegt, so wird als Resultat ein Torflager

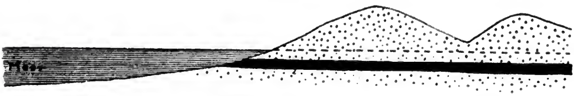
von 3 m Mächtigkeit entstehen. Rückt nun die Meeresküste durch Zerstörung des Strandes landeinwärts vor, so wandert die Düne über das Moor hinweg und presst dasselbe auf 1/3 bis 1/4 seines ursprünglichen Volumens zusammen, und wir sehen alsdann eine Torf-

Fig. 15.



schicht von 1 m Mächtigkeit, deren Oberfläche nunmehr 1 m unter dem Meeresspiegel liegt. Kommt das Meer bei weiterem Vorrücken dann an diese Torfschicht heran, so wird dieselbe am Strande unter dem Meeresniveau ausstreichen, ohne dass die Annahme einer Senkung des Landes irgendwie erforderlich wäre (Fig. 16).

Fig. 16.



Wenn sogen. autochthone Kohlenflötze, d. h. solche, die nach den oben angegebenen Kriterien an der Stelle, wo sie liegen, durch eine eben da gewachsene Vegetation entstanden sind, mit Schichten abwechseln, in welchen sich Reste zweifellos marinen Ursprungs eingeschlossen finden, so spricht diese Wechsellagerung meist dafür, dass auf- und abgehende komplizirte Bewegungen einer flachen Küste zu jener Zeit stattgefunden haben müssen.

Die Lage der Versteinerungen kann sogar dazu führen, direkte Ueberkippungen von Schichten zu erkennen, oder mit Sicherheit zu unterscheiden, in welcher Richtung man bei steilstehenden Schichten das Hangende, in welcher das Liegende zu suchen hat. Wenn beispielsweise Baumstämme, deren Wurzeln in dem Boden stecken, in dem sie gewachsen sind, uns in dem Schichtenverbande so entgegentreten, dass die Wurzeln oberhalb der Stämme stehen, so kann man mit Sicherheit darauf schliessen, in einem vollständig überkippten Schichtenverbande sich zu befinden, und kann andererseits bei horizontaler Lagerung solcher Stämme aus der Stellung der Wurzeln die ältere Schicht von der jüngeren unter-

scheiden, also sehen, nach welcher Richtung hin man in immer hangendere Schichten kommt. Denselben Werth wie Baumstämme könnten für die Entscheidung solcher Fragen auch thierische Reste besitzen, von denen man weiss, dass das Wachsthum in die Höhe zu ihren Lebensäusserungen gehört, wie z. B. die Stockbauten der Korallen und Bryozoen.

Auch die vorwiegende Lage der Schalen von zweischaligen, nicht mehr zusammenhängenden Muscheln auf der Schichtfläche in der Weise, dass alle Schalenwölbungen nach einer Seite gerichtet sind, spricht in den meisten Fällen dafür, dass diese Schichtfläche eine Oberfläche darstellt, aus der man auf die Lage von Hangendem und Liegendem schliessen kann. (Vergl. auch S. 64.)

Kapitel 9.

4. Beobachtungen über Schichtung.

a) Entstehung der Schichtung. Die einfachste Lagerungsform, die der aufnehmende Geologe in einem Aufschlusse sorgsamer Prüfung zu unterwerfen hat, ist die Art der Auflagerung oder die Schichtung. Jede Schichtung wird hervorgerufen durch einen, wenn auch noch so geringfügigen Wechsel in der Art der nach einander gebildeten Sedimente oder in den Bedingungen der Ablagerung, und es ist demnach zu prüfen, welcher Art im konkreten Falle dieser Wechsel gewesen ist. Man wird oftmals die Bemerkung machen, dass die Schichtung etwa in Sandsteinen dadurch entsteht, dass dünne Blättchen von thoniger Substanz zwischen zwei Sandbänken sich einschieben, oder dass in einer mächtigen Folge von Kalksteinen dünne Mergelbänkchen sich finden, oder dass geringfügige Aenderungen des Pigmentes den Eindruck der Schichtung hervorrufen (Aufmerksamkeit bei durch Verwitterung erzeugten, oft von Klüften ausgehenden Umfärbungen!), oder dass gröbere und feinere Sedimente wechsellagern, oder dass chemisch ausgefällte Sedimente mit solchen klastischen Materials abwechseln. Selbst bei vollkommener petrographischer Uebereinstimmung zweier auf einander folgender Schichten kann eine wohl erkennbare Schichtung dadurch hervorgerufen werden, dass in Folge einer Unterbrechung der Materialzufuhr die untere Schicht oberflächlich erhärtet war, bevor die obere abgelagert wurde, oder dass eine später

wieder vollständig verschwundene dünne Haut von Algenvegetation Zeit hatte, sich auf jener anzusiedeln, wodurch eine vollkommene Verschmelzung jener beiden Schichten verhindert wurde. Es ist zu prüfen, welcher von diesen oder den vielen anderen möglichen Fällen in dem gegebenen Aufschlusse vorliegt.

b) Die Eigenthümlichkeiten der Schichtflächen. Das nächste Augenmerk ist alsdann der Auflagerungsfläche zuzuwenden und es ist zu prüfen, welche besonderen charakteristischen Eigenthümlichkeiten die Oberseite und die Unterseite einer Schichtplatte auszeichnen, um an der Hand dieser Beobachtungen die Merkmale der Schichtfläche sich einzuprägen zu dem Zwecke, mit ihrer Hülfe dieselbe Schicht an anderen Punkten wieder zu erkennen. Es ist ferner darauf zu achten, in welcher Weise die Oberseite einer Schicht von der Unterseite sich unterscheidet, damit man in Aufschlüssen mit steiler Schichtenstellung in die Lage kommt, mit Sicherheit das Hangende und Liegende unterscheiden zu können. Nur in den seltensten Fällen ist eine Schichtfläche vollkommen eben, sind also die oberen und unteren Seiten der einzelnen Gesteinsplatten durchaus gleichartig. In den meisten Fällen tragen die Schichtflächen irgendwelche eigenthümliche Kennzeichen an sich. Dieselben sind ausserordentlich verschiedenartig, und es gehört in die Gruppe dieser Erscheinungen eine Reihe von Gebilden hinein, die seit langer Zeit den Paläontologen Räthsel aufgegeben haben, und von denen es heute noch nicht feststeht, welches die Art ihres Ursprunges ist, ob sie organische Körper oder auf mechanischem Wege erzeugte Bildungen sind. Es sind hier eine Reihe eigenthümlicher Skulpturen zu nennen, die man als Hieroglyphen bezeichnet und als Kriechspuren der verschiedensten Thiere gedeutet hat, es gehören dahin die sogen. Wellenfurchen (Ripplemarks), die Netzleisten, die sogen. fossilen Regentropfen, sowie eine Reihe von ganz problematischen Körpern. Ferner sind die Schichtenflächen sehr häufig bedeckt mit wirklichen organischen Resten; so findet man gar häufig die Schalen von Muscheln in dichter Häufung auf den Schichtflächen. In anderen Gesteinen wieder stellen sich Fährtenabdrücke von Wirbelthieren ein, die über das Gestein hinwegschritten, als es noch plastisch war und an der damaligen Erdoberfläche lag; und noch auf anderen Schichtflächen finden sich Spuren ehemaliger Krystallisationsprozesse in Form von Ausfüllungen von Hohlräumen, die

durch Auslaugung ursprünglicher Krystalle erzeugt wurden. Bei der Bedeutung aller dieser Erscheinungen für die Erkennung wahrer Schichtflächen und für die Unterscheidung von Ober- und Unterseite einer Schicht werde ich dieselben im Folgenden etwas eingehender behandeln.

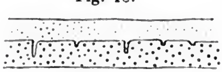
Wenn in einer thonigen Schicht unmittelbar nach ihrer Entstehung durch Austrocknen an der Luft ein System von Rissen und Sprüngen entsteht (Trockensprünge, wie man sie beim Aus-

Fig. 17.



trocknen einer Pfütze, eines Teiches, des Schlämmkastens einer Ziegelei auch heute allenthalben beobachten kann), und wenn dann eine neue Schicht auf dieser zur Ablagerung gelangt, so füllt das Material dieser neuen Schicht auch die Risse der älteren aus und nach dem Erhärten greift die jüngere Schicht mit einem sich vielfach durchkreuzenden Systeme von Leisten in die ältere hinein.

Fig. 18.



Spaltet man ein solches Stück auf der Schichtfläche, so zerbrechen die Leisten; man sieht dann auf der Oberfläche der älteren Schicht

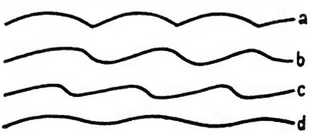
das Netz genau so, wie auf der Unterseite der jüngeren, aber man braucht nur zu untersuchen, ob die Ausfüllungsmasse der Trockenrisse sich nach der Art einer Gangausfüllung im Querbruche vom Nebengestein abhebt oder nicht, um zu wissen, dass man es im ersteren Falle mit der Oberseite, im letzteren mit der Unterseite einer Schicht zu thun hat.

Fig. 17 giebt die Ansicht der Oberfläche, Fig. 18 einen Querschnitt durch ein solches Stück.

Wenn man am heutigen Strande die Wirkung der einzelnen Wellen auf das sandige oder thonige Material des Ufers und flachen Meeres genau beobachtet, so sieht man, dass dieselben kleine, in wechselnden Abständen auf einander folgende Wälle mit dazwischen liegenden Furchen aufwerfen, die entweder in flachen, bogenförmigen Linien zusammenlaufen, oder bei kurzen Wellen einen ausgesprochenen Parallelismus zur Küste annehmen. Je nach dem Material und je nach der Stärke des Wellenschlages werden diese sogen. Wellenfurchen, die sich besonders schön im flachen Wasser bilden, bald breiter, bald schmaler, bald höher, bald niedriger, und ebenso sind die Zwischenräume, in denen sie auf einander folgen, verschieden. Diese Wellenfurchen oder Ripplemarks sind nun auch aus älteren Formationen im fossilen Zustande bekannt, vor Allem im Rothliegenden und im bunten Sandstein, und liefern in diesem Falle ein recht brauchbares Kriterium zur Beurtheilung der Schichten. In Figur 19 sind verschiedene Querschnitte solcher Wellenfurchen dargestellt, während Figur 20 die Ansicht der Oberfläche einer Platte mit ausgezeichneten Ripplemarks in 1/4 der natürlichen Grösse giebt.

Wenn diese Wellenfurchen eine gleichmässige Wölbung darstellen, wie in Fig. 19a und d, also eine Abwechselung gewissermassen von flachen Sätteln und Mulden, so ist es nicht möglich, im fossilen Zustande zu erkennen, welches die Ober- und welches die Unterseite einer Schicht ist, da bei der Symmetrie der entstehenden Formen das ursprüngliche Gebilde und sein Abdruck natürlich durchaus gleich sind. Wohl aber kann man beides deutlich unterscheiden, wenn die einzelne Wellenfurche im Querschnitte nicht symmetrisch gebaut ist, d. h. wenn sie, wie b und c in Fig. 19 zeigt, sich aus einer flachen und

Fig. 19.



aus einer steiler geböschten Seite zusammensetzt. Dann besitzen die Sättel der ursprünglichen Bildung eine scharfe Kante, während die dazwischen liegenden Mulden gerundet sind, und man kann unter Benützung dieses Umstandes alsdann die ursprüngliche Wellen-

Fig. 20.



furche von ihrem Abguss auf der Unterseite der nächsten darüberliegenden Schicht deutlich unterscheiden.

Wenn ein niederes Thier auf dem frisch abgelagerten Meeresboden sich kriechend bewegt, so erzeugt es in vielen Fällen auf demselben eine Kriechspur, die sich meist aus einer Reihe von kleinen Eindrücken mit aufgetriebenen Rändern zusammensetzt. Wird eine solche Spur fossil, so zeigt die Oberseite der Schicht die von den Aufwulstungen umgebene Vertiefung als solche, der

Abdruck dagegen, also die Unterseite der höheren Schicht, zeigt die Spur als erhabene Fläche und die Ränder derselben als vertieften Saum. Bilden die Kriechspuren dagegen nur flache, rillige Vertiefungen, so zeigt der Ausguss derselben auf der Unterseite der folgenden Schicht Leisten mit rundlichem Querschnitte (Fig. 21).

Fig. 21.



Fährten von Thieren sind vertieft in der Schicht, auf deren Oberfläche sich die Thiere bewegt haben; Gesteinsplatten also, auf welchen diese Fährten als Relief erscheinen, müssen nothwendig die Unterseite der nächstjüngeren Schicht darstellen.

In sehr vielen Fällen sind sogen. Thongallen auf den Schichtflächen angehäuft; es sind dies flache, scherbenartige Körper, die aus rothem oder grünem Thon bestehen und in vielen Fällen wohl nichts anderes sind, als vom Winde verwehte Austrocknungsbruchstücke thoniger Lettenschichten, deren Bildung in dieselbe Periode entfällt, wie die Schicht, in welcher sie eingeschlossen sind.

Ein anderes Gebilde, welches häufig auf den Schichtflächen auftritt, sind Glimmerblättchen; in Folge der vorherrschenden Ausdehnung

in einer Ebene liegen diese feinen Gebilde in allen geschichteten Massen an und für sich parallel, treten aber besonders in feinsandigen Schichten gewöhnlich in starker Häufung auf den Schichtenflächen auf.

Nach der Lage der Thongallen und Glimmerblättchen kann man Ober- und Unterseite der Schicht nicht unterscheiden.

Wenn eine eben gebildete Schicht mit Salzlösung durchtränkt ist und austrocknet, so krystallisirt das gelöste Salz, meist Chlornatrium, auf der Oberfläche der Schicht, häufig unter gleichzeitiger Bildung von Trockenrissen, aus. Wenn eine neue Schicht darüber abgelagert wird, so wird in den meisten Fällen das leicht lösliche

Fig. 22.



Salz wieder verschwinden und der von ihm eingenommene Raum von der Substanz der darüberlagernden Schicht eingenommen werden (Fig. 22). Solche sogen. Steinsalzpseudomorphosen zeigen also da, wo sie als Relief erscheinen, an, dass man es mit einer Schichtunterseite, da, wo sie vertieft erscheinen, dass man es mit einer Schichtoberseite zu thun hat. Bisweilen sind die Würfelkanten dabei etwas verschoben, was wohl mit einer Wiedererweichung des einbettenden Gesteins zusammenhängen dürfte.

Wenn eine eben dem Wasser entstiegene, frisch gebildete Schicht dem Einflusse eines heftigen Regens ausgesetzt ist, so bilden die einzelnen auffallenden Tropfen in der weichen Masse flache, rundliche Vertiefungen, die vom Material der nächstfolgenden Schicht wieder ausgefüllt werden (Fig. 23). Auch in diesem Falle also zeigt das reliefartige Hervortreten die Unterseite, die Vertiefung die Oberseite einer Schicht an.

Auch das rieselnde Wasser kann an der Oberfläche einer in Bildung begriffenen Schicht eigenthümliche Skulpturen (Fig. 24)

Fig. 23.



Fig. 24.



erzeugen, die zur Unterscheidung von Ober- und Unterseite benützt werden können. Die kleinen vom Wasser ausgefurchten Rillen unserer Abbildung haben im Querschnitte die Figur 25. Eine

Fig. 25.



Fig. 26.



solche Platte stellt also die Oberseite der Schicht dar, während die Unterseite der nächstjüngeren im Querschnitt die Figur 26 zeigen würde.

Viel weniger leicht ist es, nach der Lage der organischen Reste Ober- und Unterseite einer Schicht von einander zu trennen. Wenn zweischalige Muscheln mit den beiden vereinigten Klappen eingebettet sind, dann wird natürlich die eine Schale reliefartig hervortreten, mag sie nun in der Ober- oder der Unterseite der Schicht liegen. Sind dagegen die Schalen isolirt, so werden sie in den meisten Fällen in der Weise eingebettet, dass die Wölbung nach oben gerichtet ist, d. h. also, die Schalen haben sich so angeordnet, dass sie auf der breitesten Unterstützungsfläche liegen, aus welcher sie am wenigsten durch den Wellenschlag in andere Stellungen übergeführt werden können.

c) Schichtung nachahmende Erscheinungen. Bei den Fällen, die wir bisher betrachtet haben, handelt es sich um echte Schichtung, es kommen aber ausserdem noch eine Anzahl von Erscheinungen vor, welche entweder nur entfernt an Schichtung erinnern oder manche Merkmale derselben in so ausgezeichneter Weise zur Schau tragen, dass sie viel deutlicher in die Augen springen, als diese selbst.

Zu den ersteren Fällen gehören die verschiedenen plattigen Absonderungsformen, die man häufig an granitischen, porphyrischen und phonolithischen Eruptivgesteinen beobachtet, die aber durch die Natur des Gesteins, in welchem sie auftreten, anzeigen, dass sie mit der wahren Schichtung nichts zu thun haben. Anders verhält es sich bei einer Reihe von Erscheinungen, die man besonders häufig an den Gesteinen der paläozoischen Formationen, unter günstigen Umständen aber auch an viel jüngeren, selbst tertiären Gesteinen beobachten kann. Es ist dies die Erscheinung der falschen oder transversalen Schichtung oder Schieferung. Sie besteht darin, dass die Absonderungsflächen und die damit verbundene Spalt-

barkeit des Gesteins nicht mit der ursprünglichen Schichtung parallel verlaufen, sondern die Schichten unter einem kleineren oder grösseren Winkel schneiden. Sie ist in vielen Fällen so regelmässig und gleichmässig ausgebildet, dass sie die Merkzeichen, an welchen die wahre Schichtung des Gesteins erkannt werden könnte, ausserordentlich unterdrückt und ihre Erkennung in hohem Masse erschwert, und dies um so mehr als der Charakter der von ihr betroffenen Gesteine in gar vielen Fällen ein sehr monotoner ist. Charakteristisch für die Schieferung ist, dass sie an Gebiete gebunden ist, in welchen die Schichten in komplizirter Weise zu Falten zusammengeschoben sind, und dass die Lage der Schieferungsebene im Allgemeinen mit der Streichrichtung der zusammengefalteten Schichten übereinstimmt, woraus zugleich hervorgeht, dass beide Erscheinungen, Faltung und Schieferung, den gleichen Umständen ihre Entstehung verdanken, nämlich dem bei der Gebirgsbildung ausgeübten seitlichen Drucke.

Der Verdacht der Schieferung ist dann gegeben, wenn die Zerklüftung des Gesteins in jene ebenflächigen Platten eine ausserordentliche Gleichmässigkeit zeigt, und wenn solche Platten durch Lagen von verschiedener mechanischer oder chemischer Zusammensetzung hindurchgehen. Es gehört zu den schwierigeren Aufgaben des Geologen, in denjenigen Gebirgen, in welchen die transversale Schieferung fast alle Gesteine betroffen hat, die ursprüngliche Schichtung und die aus derselben abzuleitende Tektonik zu erkennen. Die Mittel, die man in solchen Fällen anwendet, sind verschiedener Art. Besteht die geschieferte Gesteinsfolge aus Bänken von wechselnder Zusammensetzung, die durch ihre Farbe oder sonstige Eigenthümlichkeiten sich leicht von einander unterscheiden lassen, so ist die Schwierigkeit der Erkennung der ursprünglichen Schichtung nicht übermässig gross. Anders aber liegt die Sache, wenn gleichmässige Thongesteine das geschieferte Gebirge zusammensetzen. In diesem Falle kann man aus der Lage etwa vorkommender Versteinerungen oder Schwefelkieskonkretionen in vielen Fällen die Flächen der Schichtung erkennen. Ist ein Gestein beispielsweise graptolithenführend, so kann man wohl mit Sicherheit annehmen, dass die Graptolithen auf den Flächen ursprünglicher Schichtung liegen, und es kann dann der Fund des kleinsten Bruchstückes im geschieferten Gestein als Anhalt dienen. Neben den Versteinerungen kann das Auftreten von konkretionären Bildungen für die Erkennung der Schichtung bestimmend werden, wenn man

beobachtet, dass die Konkretionen in regelmässig verfolgbaren Linien angeordnet sind. Lässt auch dieses Hülfsmittel im Stich, so ist manchmal die genaue Betrachtung der Schieferungsflächen selbst von Nutzen. Da nämlich fast keine Gesteinsfolge so monoton ent-

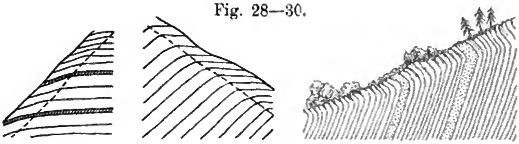
Fig. 27.



wickelt ist, dass nicht irgend welche Differenzen der Härte in den einzelnen Schichtengliedern sich geltend machten, so hat die Kraft, welche die Druckschieferung erzeugte, mit verschieden grossen Widerständen zu thun gehabt, und dieselben äussern sich durch ausserordentlich winzige Unebenheiten in der Ebene der Schieferungsfläche. Während nämlich durch das weichere Gestein die Schieferung glatt und gleichmässig verläuft, erzeugt die Einlagerung einer einzigen härteren dünnen Lage eine kleine, quer über die Schieferungsfläche verlaufende Erhabenheit, eine „Borde", deren eine Seite flach, deren andere etwas steiler ist, und durch genaue Verfolgung dieser kleinen, in Figur 27 im Querschnitte einer Schieferplatte skizzirten Skulptur vermag man eine ungefähre Vorstellung von der Lage der ursprünglichen Schichtungsfläche im Raume sich zu bilden. Manchmal ist man auch in der Lage, aus diesen kleinen Erhabenheiten oft schon durch das Gefühl (beim Darüberstreichen mit dem Finger) die ungefähre Richtung des Einfallens der wahren Schichten zu bestimmen. Dasselbe wird in unserer Figur durch punktirte Linien bezeichnet, ist also stets dem Steilrande der „Borde" abgewendet.

Bei der Beurtheilung der Frage nach der Neigung der Schichten ist grosse Vorsicht nöthig, wenn man sich im Ausstriche derselben

Fig. 28—30.



befindet. Es ist eine sehr häufige Beobachtung, dass an Bergabhängen die Schichten umgebogen sind und zwar in dem Sinne, in welchem der Abhang gerichtet ist (Fig. 28—30). Diese Er-

scheinung umfasst nur den der heutigen Oberfläche zunächst gelegenen allerobersten durch Verwitterung gelockerten Theil des Schichtenausstriches und ist in den meisten Fällen durch das Abwärtsdrücken dieser lockeren Partien durch die im Winter sich ansammelnden Schneemassen zu erklären, nicht aber, wie dies in letzter Zeit mehrfach versucht worden ist, durch die Thätigkeit eines über diese Schichten im Sinne des Thales sich vorwärts bewegenden Gletschers. Es ist ganz selbstverständlich, dass diese Lagerung keinen Anhalt bei der Beurtheilung der Tektonik eines Gebietes gewähren darf.

Fig. 31.



Ein anderer Fall, in welchem scheinbar ausserordentlich komplizirte Schichtenverhältnisse vorliegen, kann ebenfalls auf einfachem Wege erklärt und dadurch in seiner Bedeutung für die Tektonik einer Landschaft richtig erfasst werden. Wenn nämlich beispielsweise unter hartem Sandstein von grosser Mächtigkeit feine plastische Thone lagern, und dieses Schichtensystem in einer etwas steilen Wand durch die Erosion angeschnitten wird, so können die auflagernden Massen auf den weichen Thon solchen Druck ausüben, dass derselbe gewissermassen herausgequetscht wird, wobei ausserordentlich komplizirte Schichtenbiegungen entstehen können. Tritt solche Erscheinung in der Weise auf, wie dies die Figur 31 zeigt, so ist sie natürlich nur von geringer geologischer Bedeutung. Anders freilich liegt das Verhältniss, wenn man derartige Lagerungsstörungen thoniger, plastischer Massen zwischen ungestörten Schichten auf grössere Erstreckung beobachten kann, wie dies beispielsweise mit den Thonen im unteren Diluvium Norddeutschlands der Fall ist. Hier sind diese Schichtenstörungen auf ganz ähnliche Weise zu erklären, aber hier wurde der erforderliche Druck von den mit Hunderten von Metern Mächtigkeit einst darüber lagernden Massen des Inlandeises ausgeübt.

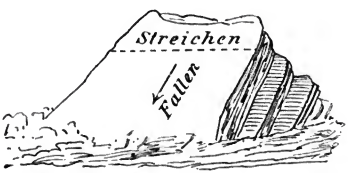
Kapitel 10.

Die Lage einer Schicht im Raume. Streichen und Fallen.

Die einzelnen Schichten oder Schichtgruppen grenzen mit ebenen oder irgendwie gekrümmten Flächen an einander, die man als Grenzflächen bezeichnet.

Für die geologische Kartirung, für die Verfolgung einer Schicht, für die Erkenntniss des tektonischen Baues einer Gegend ist es von grösstem Werthe, die Lage einer Grenzfläche im Raume festzustellen. Für diese Lage ist massgebend die Richtung des Schnittes der Grenzfläche mit einer Horizontalebene und die Neigung der Grenzfläche gegen die Horizontalebene. Die erste Richtung wird als das Streichen der Schicht bezeichnet und ausgedrückt durch die Abweichung der bezeichneten Schnittlinie vom Meridian. Die Neigung heisst das Fallen oder Einfallen und wird bestimmt durch den Winkel, den die Grenzfläche mit der Horizontebene bildet und die Angabe, nach welcher Himmelsrichtung von der Streichlinie aus das Fallen stattfindet (Fig. 32).

Fig. 32.



1. Das Streichen. Wenn zwei Schichten und damit auch die Grenzfläche derselben, horizontal liegen, so kann von einem Streichen nicht die Rede sein, weil die Horizontebene mit der Grenzfläche parallel läuft, also nicht zum Schnitte kommen kann. Man spricht in solchem Falle und auch dann, wenn die Neigung so gering ist, dass sie mit dem Auge allein nicht mehr recht wahrgenommen werden kann, von horizontalen oder schwebenden Schichten und bezeichnet dieselben in der Karte mit dem Zeichen +. Wenn die Grenzfläche nicht horizontal liegt, so kommt sie mit der Horizontebene zum Schnitt. Jede horizontale Linie, die man in einer Grenzfläche ziehen kann, entspricht einer solchen Schnittlinie und ist für die Feststellung der Streichrichtung verwerthbar. Natürlich laufen in einer ebenen Fläche alle diese Linien einander parallel. Bei starker Neigung der Grenzfläche ist es leichter, die Lage

der Horizontalen zu erkennen, als bei sehr flachem Einfallen. In letzterem Falle ist es bei glatten Schichtflächen zweckmässig, ihre Lage in der Weise festzustellen, dass man einige Tropfen Flüssigkeit auf die Gesteinsfläche giesst, welche die Grenzfläche darstellt. Das Wasser fliesst in der Richtung des grössten Gefälles, und die Lage der Streichrichtung erhält man durch eine Linie rechtwinkelig zu den entstandenen Wasserfäden.

Hat man die Horizontallinie ermittelt, in Fällen grosser Wichtigkeit unter Benützung einer Wasserwage, so misst man ihre Richtung in der Weise, dass man die der Nordsüdlinie der Kompasseintheilung parallele Seite der Kompassplatte oder des Kastens an die Streichlinie anlegt, die Nadel ausschwingen lässt und nach ihrer Beruhigung arretirt. Man kann hierauf die Ablesung bis auf einen Grad und noch genauer vornehmen. Man wiederholt die Bestimmung mehrere Male hinter einander und nimmt aus den verschiedenen Ablesungen das Mittel. Die Streichrichtung selbst bezeichnet man, indem man angiebt, um wie viele Grade nach Osten oder Westen dieselbe von der Nordsüdlinie abweicht. So wird ein Streichen von Nordwest nach Südost bezeichnet durch N 45° W, indem die andere Richtung der Linie einfach das Komplement bildet und daher fortgelassen wird. Um eine direkte Ablesung zu ermöglichen, sind die Richtungen Ost und West bei dem geologischen Kompasse vertauscht. Bei dem bergmännischen Kompasse wird die Stundenzahl abgelesen, die die Nadel angiebt, eine Zahl, die an beiden Enden der Nadel immer die gleiche ist.

Bei dem Werthe, den man so erhält, ist die örtliche Deklination der Magnetnadel nicht mit in Rechnung gezogen, und bei der Notirung des gefundenen Werthes bezeichnet man deshalb das Streichen als direkt beobachtetes, observirtes, abgekürzt: Str. obs. Um daraus das auf den Meridian bezogene Streichen (das berechnete Streichen, in Abkürzung: Str. ber.) zu erhalten, hat man den für Ort und Zeit gültigen Werth der magnetischen Deklination zu addiren resp. zu subtrahiren. Hierbei kommt für Deutschland ein Vorzug des bergmännischen Kompasses zur Geltung, dass man nämlich bei Bestimmungen, wo es nicht auf grosse Genauigkeit ankommt, zu der beobachteten Stundenzahl nur eine Stunde = 15° = dem ungefähren Werthe der Deklination zu addiren braucht, um sogleich das berechnete Streichen zu erhalten, resp. eine Stunde abzuziehen, wenn, wie beim geologischen Kompass, O und W behufs direkter Ablesung vertauscht sind.

2. Das Einfallen bestimmt man in der Weise, dass man zunächst die Richtung stärkster Neigung einer Schicht entweder nach dem Augenscheine oder mittelst etwas Wassers feststellt und dann diejenige Längsseite der Kompassplatte, nach welcher zu das Klinometerpendel beweglich ist, so auf diese Falllinie auflegt, dass die Platte senkrecht steht. Man erkennt dies daran, dass das Pendel frei zu schwingen vermag. Nachdem es nun zum Stehen gekommen ist, neigt man vorsichtig nach hinten, so dass es aufliegt, und liest dann direkt den Winkel ab, der den Grad des Einfallens bezeichnet. Ist es bequemer, die untere Seite einer Schichtenplatte zur Bestimmung des Fallwinkels zu benützen, so legt man die der Klinometerskala gegenüberliegende Seite der Kompassplatte an und kann dann gleichfalls direkt ablesen.

Ausser dem Einfallwinkel ist auch anzugeben, nach welcher von den beiden, durch das Streichen gegebenen möglichen Richtungen das Einfallen erfolgt. Liegt das Streichen in dem Quadranten zwischen Nordost und Nordwest, so giebt man abgekürzt nur an, ob das Einfallen nach Osten oder Westen gerichtet ist; analog ist bei Streichen der Schicht innerhalb des Quadranten von Nordwest nach Südwest abgekürzt das Einfallen nur durch Norden oder Süden zu bezeichnen. Eine vollständige Bezeichnung der Lage einer Schichtfläche im Raume ist also beispielsweise durch folgende Eintragung gegeben:

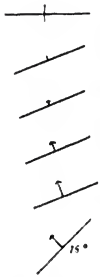
Str. obs. N. 15° O. ber. N. 31° O. Fallen 12° W.

Die zur Bestimmung von Streichen und Fallen benützten Grenzflächen sind nur selten so glatt und eben, dass die Ermittelung dieser Werthe leicht und anstandslos vor sich gehen kann. In den meisten Fällen sind die Schichtenoberflächen mit allerlei Runzeln, Buckeln, Fältchen, Eindrücken und Erhabenheiten, organischen Resten, Kriechspuren u. a. so bedeckt, dass die zur Bestimmung von Streichen und Fallen geeigneten Linien mit grosser Vorsicht auszuwählen sind. Es lassen sich dafür keine bestimmten Regeln aufstellen, sondern es ist dazu ein gewisses geologisches Taktgefühl erforderlich, welches nur durch längere Uebung und Erfahrung zu gewinnen ist.

Jedenfalls thut man unter allen Umständen gut, zumal wenn man Anfänger ist, die Bestimmungen möglichst oft zu wiederholen und aus den verschiedenen Beobachtungen das Mittel zu wählen.

Zeichen für Streichen und Fallen:

Fig. 33.



horizontale Lagerung
Einfallen senkrecht
Einfallen steil
Einfallen mässig stark
Einfallen flach
= Streichen NO, Fallen 15° W

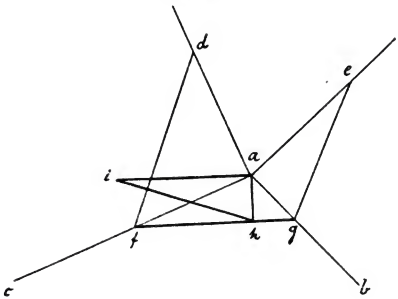
Indirekte Methode der Bestimmung von Streichen und Fallen. Man ist oftmals nicht in der Lage, das Streichen und Fallen direkt zu bestimmen, sondern hat nur Schichtenentblössungen vor sich, die das scheinbare Einfallen nach verschiedenen Richtungen hin zeigen. Will man aus zwei derartigen Beobachtungen das wahre Streichen und Fallen ermitteln, so verfährt man folgendermassen:

Angenommen, ich hätte an einer Stelle eines Steinbruches beobachtet, dass auf einer N 45° W streichenden vertikalen Fläche das scheinbare Einfallen 65°, auf einer N 65° O streichenden dasselbe 45° betrage. Ich trage mir nun (Fig. 34) die beiden Linien N 45° W (*ab*) und N 65° O (*ac*) so in ihrer natürlichen Lage auf, dass sie sich in *a* schneiden. Dann ziehe ich in *a* auf beide Linien beliebig aber gleich lange Lothe *ad* und *ae* und trage an *ad* in *d* das Komplement des für *ac* beobachteten Fallwinkels von 45° = 45°, an *ae* in *e* dasjenige des für *ab* beobachteten mit 25° auf und verlängere die beiden neuen Schenkel bis *ab* in *g* resp. *ac* in *f*. Die Verbindung der Punkte *f* und *g* giebt das wahre Streichen und das von *a* auf *fg* gefällte Loth *ah* die Richtung des wahren Einfallens. Ziehe ich nun in *a* ein Loth *ai* auf *ah*, mache *ai* = *ad* = *ae* und verbinde *i* mit *h*, so ist der Winkel *ahi* der Winkel des wahren Einfallens.

Die Winkel *afd* und *age* sind die beiden beobachteten Fallwinkel. Denke ich mir nun auf der als Horizontalebene gedachten Fläche *cab* die beiden Dreiecke *adf* und *age* auf *af* und *ag* so

um 90° gedreht (in die Höhe geklappt), dass die Punkte *d* und *e* in einen Punkt zusammenfallen, so bildet eine Ebene durch diesen Punkt, durch *f* und durch *g* die gesuchte Grenzfläche, und der Schnitt der Grenzfläche mit der Horizontalebene, der in *fg* erfolgt, giebt das wahre Streichen an. Demnach muss die normal dazu liegende ebenfalls vertikal aufgeklappt zu denkende Ebene *a i h*, deren Punkt *i* dann mit *e* und *d* zusammenfällt, das Fallen, und der Winkel *a h i* den wahren Fallwinkel bezeichnen.

Fig. 34.



Aus der Konstruktion kann man mit dem Transporteur direkt die Lage der Streichlinie und den Fallwinkel abnehmen; in dem angenommenen Falle streicht also die Schicht N 80° O und fällt mit 70° nach S ein.

Aehnlich liegt der Fall, wenn man zwar einige Grenzpunkte einer Schichtfläche genau in die Karte eintragen, aber weder Streichen noch Fallen direkt bestimmen kann.

Die Aufgabe besteht dann darin, aus der bekannten Lage von drei nicht in einer Geraden liegenden Punkten der Grenzfläche Streichen und Fallen derselben zu bestimmen unter der Annahme, dass die Grenzfläche eine Ebene ist.

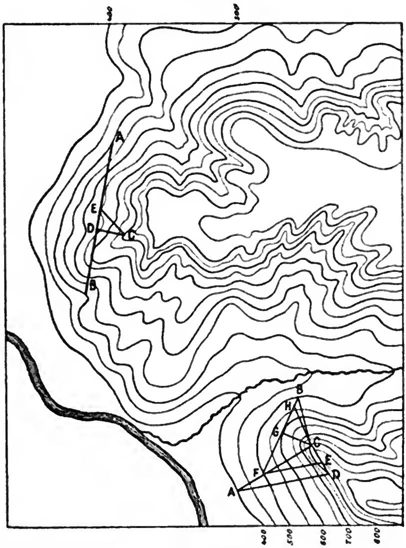
Es sind drei Fälle möglich:

1. Alle drei Punkte liegen auf derselben Höhenlinie. In diesem Falle muss die Grenzfläche horizontal sein[1]).

[1]) Es könnte noch der wohl sehr seltene Fall denkbar sein, dass Grenzfläche und Erdoberfläche so gekrümmt sind, dass die Schnittlinie beider horizontal liegt.

2. Zwei Punkte, A und B, liegen auf einer Höhenlinie, der dritte C darüber oder darunter (Fig. 35 oben). Die Verbindungslinie von A mit B giebt die Streichrichtung, ein von C auf AB gefälltes Loth CD die Richtung der Falllinie an. Trage ich die aus der Karte ablesbare Höhendifferenz

Fig. 35.



zwischen A und C massstäblich von D aus als DE an und verbinde ich E mit C, so ist DCE der gesuchte Fallwinkel. Seine Grösse ist zu berechnen nach der Formel tang $ECD = \frac{ED}{CD}$ oder mit dem Transporteur zu entnehmen.

3. Die drei Punkte liegen in verschiedener Höhe (Fig. 35 unten). Ich verbinde den niedrigsten Punkt A mit dem höchsten C durch eine Gerade AC, und errichte auf derselben in C auf der von B abgekehrten Seite ein Loth CD, welches ich gleich dem Höhenunterschiede zwischen A und $C = a$ mache. Auf demselben schneide ich von D aus

die Länge DE gleich dem Höhenunterschiede zwischen A und $B = b$ ab und ziehe die Parallellinien AD und FE. AC wird in F geschnitten, einem Punkte, der in gleicher absoluter Höhe liegt, wie B, so dass eine Verbindungslinie zwischen B und F die Streichlinie darstellt.

Aus dem Dreiecke CBF lässt sich dann in gleicher Weise wie im vorigen Falle der Einfallwinkel berechnen, indem man von C ein Loth auf BF (oder dessen Verlängerung) errichtet $= CG$, an G den Höhenunterschied zwischen B und $C = GH$ anträgt und H mit C verbindet. Der Winkel GCH ist der gesuchte Einfallwinkel.

Vergl. übrigens in Bezug auf Bestimmung von Streichen und Fallen die Bemerkungen S. 66 über Schichtenumbiegung an Gehängen.

Bei muldenförmiger Lagerung versteht man unter Streichen die Abweichung der Hauptachse vom Meridian, in unserer Figur 36 also die Linie ab. Es ist nun leicht einzusehen, dass mit unserer S. 68 gegebenen Definition hier ein Widerspruch vorliegt, denn die Linie ab liegt nur in dem in Figur 36 dargestellten Falle, also in einer beiderseits offenen Mulde horizontal, während die Hauptachse in dem in Figur 37 gegebenen Falle der allseitig geschlossenen Mulde nach beiden Seiten ansteigt und in ihrem ganzen Verlaufe gekrümmt ist. In einer solchen rings geschlossenen Mulde muss das Streichen eigentlich durch eine Reihe von Linien in der in Figur 38 angedeuteten Weise bestimmt werden. Dadurch erhalten wir Streichlinien in allen Richtungen der Windrose und bezeichnen ein derartiges Streichen als ein umlaufendes. Die einzelnen Streichlinien geben uns also das Spezialstreichen der einzelnen Theile, die Hauptachse dagegen das Streichen des gesammten topisch einheitlichen Körpers, das Muldenstreichen, an. Das Fallen wird bei muldenförmiger Lagerung bestimmt durch Senkrechte zu den Linien des Spezialstreichens. Da alle diese Falllinien in einer geschlossenen Mulde nach der Mitte derselben hingerichtet sind, bei einer offenen nach der Muldenachse, so nennt man eine solche Lagerungsform eine Synklinale. Auf eine Horizontalebene projizirt, sehen wir das eingetragene Streichen und Fallen einer offenen Mulde in Figur 36, unterer Theil.

Wenn wir uns diese Lagerungsform so umgedreht denken, dass oben und unten vertauscht sind, so erhalten wir die Gestalt des Sattels (Fig. 39). In Bezug auf das Streichen verhält sich, wie leicht einzusehen, der Sattel genau ebenso wie die Mulde. In der Längsachse des Sattels, der „Sattellinie“ ab, ist die Streich-

richtung gegeben. Das Spezialstreichen ist bei der geschlossenen Sattelform ebenso wie bei der vollständigen Mulde ein umlaufendes, bei dem offenen Sattel dagegen ein mit der Sattelachse paralleles. Ganz anders aber steht es mit dem Fallen. Dasselbe ist von der Sattellinie des offenen Sattels nach zwei Seiten und von der Mitte

Fig. 37.

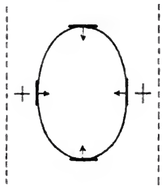


Fig. 38.

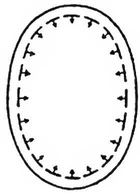


Fig. 36.

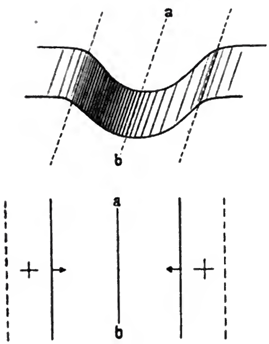
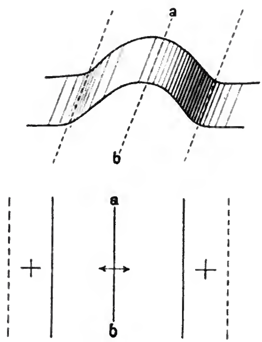


Fig. 39.



des geschlossenen Sattels nach allen Seiten hin abgekehrt (antiklinal) und die sattelförmige Lagerung wird aus diesem Grunde mit dem Namen einer Antiklinale bezeichnet.

Wenn eine Sattel- oder Muldenachse nicht horizontal liegt, sondern geneigt ist, so wird das Streichen bestimmt durch eine Linie, die so über der Achse liegt, dass von ihr aus alle Lothe dieselbe treffen würden, mit anderen Worten also durch die Lage der auf eine Horizontalebene projizirten Achse.

Kapitel 11.

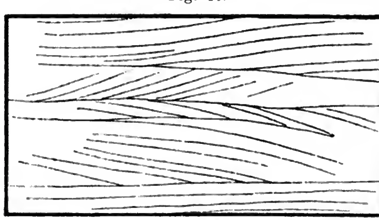
Verschiedene Erscheinungen der Schichtung. Ursprünglich geneigte Schichten und ihre Erkennung.

Undeutliche Schichtung. Schrägschichtung. Auskeilung. Auch die einfache Form der Schichtung, in welcher eine Gesteinsbank gleichförmig über der anderen liegt, kann eine Reihe von Modifikationen erfahren.

Die Schichtung kann undeutlich werden, indem diejenigen Elemente, welche eine Absonderung in Bänken bewirken, sich nicht mehr in zusammenhängenden Lagen finden, sondern in von einander getrennten, linsenförmig oder ähnlich gestalteten Massen. Andererseits kann eine sonst fehlende Schichtung durch ähnliche Vorgänge angedeutet werden, wie beispielsweise durch das reihenweise Auftreten von Konkretionen oder Versteinerungen. Ja selbst völlig ungeschichtete vulkanische Gesteine können durch in bestimmten Lagen auftretende Hohlräume oder mit Mineralien erfüllte Mandeln das äussere Ansehen undeutlich geschichteter Massen gewinnen.

Bisweilen findet sich neben der ebenen Abtrennung des Gesteins in Bänke noch eine zweite Schichtung, welche diagonal zwi-

Fig. 40.

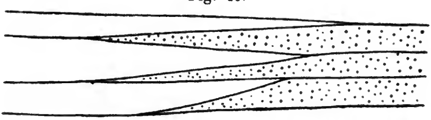


schen den einzelnen Trennungsfugen des Gesteins verläuft. Diese sogen. Diagonalschichtung (Schrägschichtung) geht durch allmähliche Uebergänge in die diskordante Parallelstruktur (Kreuzschichtung [Fig. 40]) über, bei welcher die in einheitlichem Sinne diagonal geschichteten Massen nicht mehr parallele Bänke, sondern unregelmässig in einander greifende linsenförmige Einzelkörper bilden.

Derartige diagonal geschichtete Bänke finden sich in den meisten Fällen in Wechsellagerung mit gleichartigen, aber horizontal geschichteten Bänken.

Keine Schicht behält ununterbrochen ihre Mächtigkeit, sondern jede findet früher oder später einmal ihr Ende, nimmt an Mächtigkeit ab und läuft schliesslich spitz aus, indem gewöhnlich gleichzeitig an ihrer Stelle andere Bänke sich einstellen, die in entgegengesetzter Richtung ein Anschwellen zeigen. Man spricht in einem derartigen Falle von auskeilender Schichtung. Dieser Fall modifizirt sich oft in der Weise, dass eine Reihe von Schichten all-

Fig. 41.



Verbindung abweichender Schichten durch auskeilende Wechsellagerung.

mählich sich von einander trennen und dünner werden, während gleichzeitig zwischen sie hinein sich Schichten mit anderem petrographischen Charakter legen, die um denselben Betrag, um welchen die ersteren dünner werden, an Mächtigkeit zunehmen. Man nennt eine derartige Lagerungsform geschichteter Gesteine auskeilende Wechsellagerung.

Ursprünglich geneigte Schichten. Wir haben bis jetzt die einfachsten Fälle kennen gelernt, welche an die Betrachtung des Schichtenverbandes der einzelnen Gesteinsbänke in einem Aufschlusse sich anknüpfen lassen, und gehen jetzt dazu über, zu betrachten, welcherlei Beobachtungen in Bezug auf die Schichtung bei Berücksichtigung grösserer Flächenräume zu machen sind. Die erste Frage, die sich dabei der Prüfung darbietet, ist diejenige, ob man es mit einer ursprünglichen Richtung und Neigung der Schichten zu thun hat, oder ob die Schichten sich heute in einer anderen Neigung befinden, als zur Zeit ihrer Bildung. Beobachtet man in einem Schichtenkomplex vollkommen ungestörte, horizontal liegende Bänke, so kann man im Allgemeinen annehmen, dass derselbe sich noch in ursprünglicher Lagerung befindet, wenn auch selbstverständlich der Fall nicht ausgeschlossen ist, dass die Schichten durch gleichmässige Hebung oder Senkung sich heute in einem ganz anderen Niveau befinden, als zur Zeit

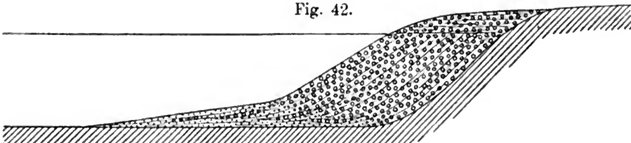
ihrer Ablagerung. Andererseits wird man, sobald man beobachtet, dass die Schichten eine Neigung nach irgend einer Himmelsrichtung zeigen, in den meisten Fällen erkennen, dass man es mit solchen zu thun hat, deren ursprüngliche Lage durch irgend welche Umstände verändert worden ist. Indessen giebt es doch einige Fälle, in welchen die geneigte Lagerung eine ursprüngliche sein kann, und wir wollen bei der Wichtigkeit dieser Erscheinung diese Fälle zunächst kurz besprechen.

1. Wo Sand vom Wind bewegt wird und in Form von sogen. Wanderdünen vorrückt, da zeigt die vordere in der Bewegungsrichtung liegende Seite der Düne einen Böschungswinkel von rund 30°, während der dahinter liegende Theil gewöhnlich nur mit einem Winkel von 5—8° abgeböscht ist. Beim Vorwärtsrücken der Düne wird also an der Leeseite eine Schichtung sich unter dem genannten hohen Winkel heraus bilden und wir haben hier also ein Beispiel sehr steil stehender ursprünglicher Neigung.

2. Wenn ein kalkreiches Wasser an einem Abhange hinabfliesst, so verliert es an der Luft den kohlensauren Kalk und bildet auf der Oberfläche des Bodens Bänke von Kalktuff, deren Schichtung der Neigung des Gehänges entspricht. Der extremste Fall tritt auf, wenn ein Fluss in einem Wasserfall senkrecht hinabstürzt und eine Kalkinkrustation auf der von ihm überströmten senkrechten Wand absetzt. Alsdann bilden derartige Schichten Kalksinterlagen, deren natürliche Böschung bis zu 90° betragen kann, wie dies beispielsweise an dem berühmten Wasserfall des Teverone bei Tivoli der Fall ist.

3. Wenn ein Sand und Schotter transportirender Bach in ein Seebecken einmündet, so schüttet er die mitgeführten Massen in

Fig. 42.



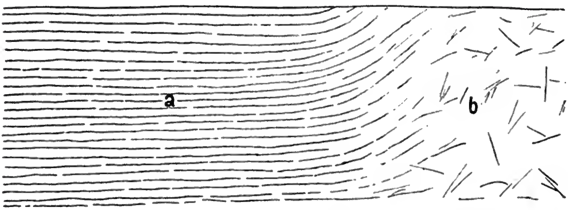
Deltastruktur.

Form eines unter 10—30° nach vorn abgeböschten Schuttkegels oder Deltas in den See hinein. Ein Längsschnitt durch ein solches Delta zeigt zu unterst horizontale feinere Schichten, darüber ein

System von stark geneigten, mantelförmig von der Achse des Delta abfallenden Schichten von gröberem Korne und zu oberst gewöhnlich noch eine Bank, die horizontal die schräg geschichteten Massen abschneidet. Transportirt der Bach auch thoniges Material, so wird auch dieses in geneigter Schicht mit abgelagert, aber es tritt dann der Fall ein, dass diese thonigen Schichten je weiter nach unten, desto mächtiger werden. So wurde beispielsweise bei der Trockenlegung des Lungernsees (an der Brünigbahn) beobachtet, dass Thonbänke, die im Delta eingeschaltet waren, auf dem Grunde des Sees einen Meter Mächtigkeit besassen, während sie im Schotterkegel sich nach oben hin mehr und mehr verschmälerten und schliesslich gänzlich auskeilten.

4. Wenn ein Korallenriff schneller emporwächst als die Sedimente in dem ihm benachbarten Meerestheile, so liefert es in Folge Zertrümmerung seiner abgestorbenen Theile durch die Brandung eine grosse Menge von kalkigem Sande und von groben Brocken,

Fig. 43.

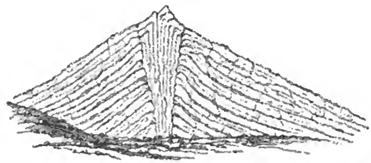


welche am Fusse des Riffes sich anhäufen. Diese Massen zeigen eine Schichtung, welche aus der klotzigen, ungeschichteten Riffmasse heraus sich ganz allmählich entwickelt, in der Weise, dass die Schichten zunächst dem Riffe steil sich an dasselbe anlegen (Fig. 43), und je weiter von demselben entfernt, desto mehr sich verflachen. Diese als „Uebergussschichtung“ bezeichnete Erscheinung lässt sich sehr schön an den Dolomiten Südtyrols und in den Dolomitriffen des weissen Jura in Franken beobachten; hier besonders deshalb sehr schön, weil in dem vollkommen ungestörten Gebirge das plötzliche Auftreten von geneigten Schichten ausserordentlich in die Augen fällt.

5. Noch eine andere Form ursprünglich geneigter Schichten kann dadurch entstehen, dass im vulkanischen Gebirge um einen Herd

Lavaschichten und Aschenergüsse mantelförmig sich anlegen und in Folge dessen mit geneigten Schichten von mehr oder weniger grosser Steilheit allseitig von der Achse des Vulkanes abfallen (Fig. 44).

Fig. 44.



Natürlicher Durchschnitt eines kleinen, 1835 im Vesuvkrater entstandenen Schlackenkegels. Nach Abich.

Auch in diesem Falle pflegen sich die Tuff- und Lavaschichten mit der Entfernung vom vulkanischen Herde auszukeilen. Man nennt eine solche Lagerungsform, bei der die Schichten sich mantelförmig um eine Mittelachse herumlegen, eine periklinale.

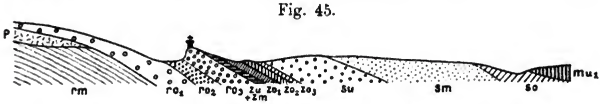
Kapitel 12.

Beobachtungen über Lagerungsstörungen. Faltung und Zerreissung.

Haben wir bisher die an das Phänomen der Schichtung unmittelbar sich anknüpfenden Beobachtungen besprochen, denen der Geologe bei der Besichtigung jedes auch noch so kleinen Aufschlusses seine Aufmerksamkeit zu schenken verpflichtet ist, so wollen wir im Folgenden eine Anzahl von Erscheinungen betrachten, die erst bei der Fortführung der Beobachtung über die Schichtungsverhältnisse grösserer Räume gewonnen werden können. Wenn wir ein einzelnes Schichtensystem überblicken, so sehen wir, dass ganz unabhängig von etwaigen Abweichungen der Lagerung von der horizontalen Ebene eine Schicht sich gleichförmig über die andere legt (Konkordanz), oder aber, wir nehmen wahr, dass an irgend einer Stelle ein Schichtensystem beginnt, dessen Schichtungsflächen mit denjenigen des darunter liegenden nicht mehr parallel verlaufen, sondern dieselben unter irgend einem Winkel schneiden. Ein derartiges Lagerungsverhältniss bezeichnet man als eine Diskordanz. — Bei der konkordanten Lagerung liegen die Schichten auf weite Erstreckung horizontal (worunter man auch Neigungen von wenig Graden, die

sich nur bei genauer Messung über grosse Strecken hin ergeben, miteinbegreift), oder sie können geneigt sein. Das einfachste Beispiel einer geneigten Schichtenfolge ist das in Figur 45 dargestellte, bei welchem eine Reihe von Schichten über einander liegen, von denen jede nach rechts folgende jünger ist als die vorhergehende, wobei das Einfallen und Streichen der Schichten durch das ganze System hindurch ziemlich das gleiche bleibt. Ausser diesen einseitigen Neigungen der Schichten aber finden sich in der Natur noch viel häufiger Fälle, in welchen durch seitlichen Druck die ursprünglich horizontalen Schichten zusammengeschoben und in Falten

Fig. 45.



rm = Mittleres, ro_1 und ro_3 = Harte Konglomerate, ro_2 = Weicher Sandstein des Oberen Rothliegenden, zu = Unterer, zm = Mittlerer, zo_1—zo_3 = Oberer Zechstein, su = Unterer, sm = Mittlerer, so = Oberer Buntsandstein (Röth), mu_1 = Unterer Wellenkalk.
Profil vom Nordrande des Thüringer Waldes bei Elgersburg (nach E. Zimmermann).

gelegt sind, wie sie beispielsweise entstehen, wenn man einen Teppich an einer Seite fasst und ihn rechtwinkelig zu dieser Seite nach der Mitte hin vorwärts bewegt. Es entstehen alsdann eine Reihe von Falten, welche sich aus abwechselnden Rücken und Einsenkungen zusammensetzen. Man bezeichnet in der Geologie die dabei entstehenden Rücken als Sättel oder Antiklinalen, weil in ihnen die Schichten von einer bestimmten Linie abfallen, und die zwischen den Rücken liegenden Senken als Mulden oder Synklinalen, weil hier die Schichten einer solchen Linie zufallen; die Verbindung eines Sattels mit einer Mulde bezeichnet man ganz allgemein als eine Falte. Die Linie, durch welche man die höchsten Theile eines Sattels mit einander verbinden kann, nennt man die Sattellinie (*a b* in Fig. 46), diejenige, die man in die tiefsten Theile einer Mulde legen kann, eine Muldenlinie (*a b* in Fig. 47).

Wenn man in der Mulden- oder Sattellinie eine Lothebene errichtet, so wird durch dieselbe der Sattel, resp. die Mulde in zwei Theile zerlegt. Sind diese beiden Theile vollständig gleich, so hat man es mit gleichförmig stehenden Falten zu thun (Fig. 48 *a*); sind dieselben aber ungleich, so nennt man die Falte zwar immer noch eine stehende, aber eine ungleichförmige (Fig. 48 *b*). Die Ungleichförmigkeit kann so weit gehen, dass das Loth mit dem Mittelschenkel, d. h. dem der Mulde und dem Sattel gemeinsamen Theile

der Falte, zusammenfällt (Fig. 48 *c*). Fällt das Loth aber gar über solchen Schenkel hinaus, liegt es also gar nicht mehr innerhalb des Sattels, resp. der Mulde, so nennt man die Falte eine liegende

Fig. 46.

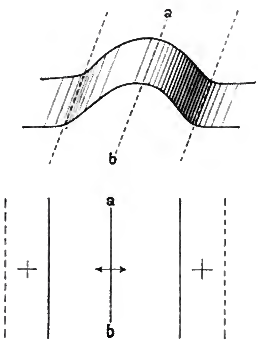


Fig. 48.

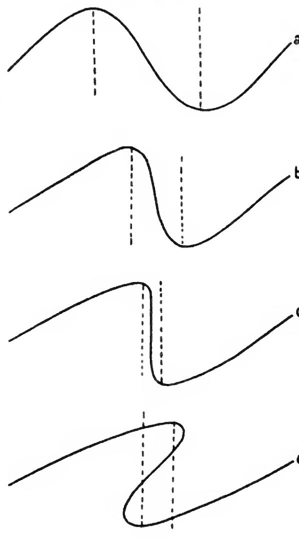


Fig. 47.

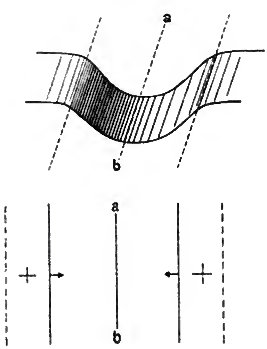
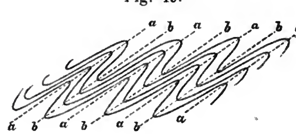


Fig. 49.

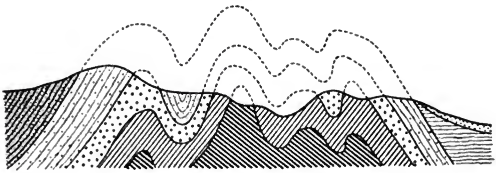


(Fig. 48 *d*). Allen diesen verschiedenen Falten gemeinsam ist die Längserstreckung in einer Linie, welche die Breite gewöhnlich um ein Vielfaches übertrifft. Eine durch die Sattel- oder Muldenlinie gelegte Ebene, welche den Krümmungswinkel derselben halbirt, be-

zeichnet man als eine Achsenebene und unterscheidet Sattelachsenebenen (*a a* in Fig. 49) und Muldenachsenebenen (*b b* in Fig. 49). Sind die einzelnen Falten so eng auf einander geschoben, dass ihre Schenkel annähernd den Achsenebenen parallel laufen, so nennt man das ganze Faltensystem ein isoklinales.

In den weitaus meisten Fällen gelangen nur Theile einer Falte zur direkten Beobachtung und die Gestalt dieser selbst ist auf indirektem Wege zu bestimmen. Besonders ist dies dann der Fall, wenn die Denudation auf das Faltensystem eingewirkt hat und die Umbiegungsstellen der Sättel der Zerstörung anheimgefallen sind. Man nennt dann denjenigen Schichtentheil, der durch die Erosion fortgeführt ist und zur Ergänzung des ursprünglichen Faltenwurfes konstruirt werden muss, einen Luftsattel (Fig. 50). Die Umbiegungsstellen der Mulden sind natürlich, da sie die tiefsten Lagen des

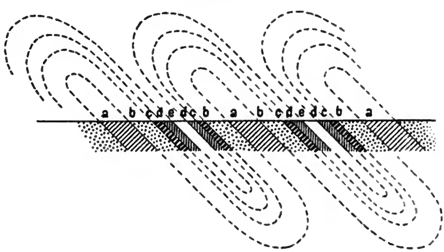
Fig. 50.



Faltensystems einnehmen, in den meisten Fällen erhalten, aber eben durch ihre tiefe Lage der direkten Beobachtung entzogen. Wenn ein erodirtes Faltensystem von isoklinalem Bau (Fig. 51) mit seinen einzelnen Schichten zu Tage ausstreicht, so macht dasselbe natürlich vollkommen den Eindruck eines einseitig geneigten Schichtenkomplexes und es ist grosse Aufmerksamkeit erforderlich, um nicht bei der Beobachtung einer solchen Erscheinung auf die falsche Vermuthung zu kommen, man habe es mit einer mächtigen Schichtenreihe zu thun, in welcher das jedesmalige Hangende jünger ist als das Liegende. Die Mittel, durch die man in solchen Fällen den wahren Sachverhalt erkennt, sind folgende: Man beachtet genau die petrographischen und paläontologischen Eigenthümlichkeiten der einzelnen Schichten, nimmt ein genaues Profil der einzelnen, in demselben auftretenden, unterscheidbaren und wohl charakterisirten Gebirgsglieder auf und bezeichnet dieselben in der Weise mit Buchstaben, dass das gleiche Gestein an allen Punkten seines Auftretens den gleichen Buch-

staben erhält. Ergiebt sich in diesem Falle ein vollkommener Mangel an Symmetrie in der Anordnung der einzelnen Schichten, so wird man, wenn keine anderen Umstände diesem Schlusse ein Hinderniss in den Weg legen, annehmen können, dass man es mit einem einzigen System über einander liegender Schichten zu thun hat (s. oben Fig. 45). Erhält man aber eine gewisse Schichtenreihe, in welcher von einem bestimmten Gliede an dieselbe Schichtenfolge sich in umgekehrter Weise wiederholt und tritt vielleicht gar ein solcher Fall einige Male hinter einander ein, wobei das etwaige Verschwinden des einen Gliedes oder das etwaige Neuauftreten eines anderen Gliedes kein absolutes Hinderniss zu sein braucht, so darf man annehmen, dass man es mit einem isoklinalen Faltensystem zu thun hat, welches in der Weise zu ergänzen ist, wie es Figur 51

Fig. 51.

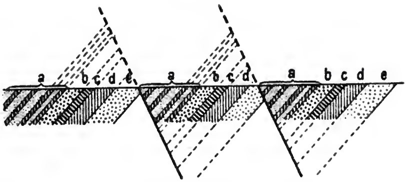


zeigt. Bei derartigen Untersuchungen ist gleichzeitig als Hülfsmittel alles das zu benützen, was wir oben über die Eigenthümlichkeiten der Oberseiten und Unterseiten der Schichten gesagt haben, denn es ist klar, dass wenn in einem Schichtenkomplexe die Schichtenoberseiten im einen Falle nach Osten, im anderen nach Westen gerichtet sind, beide Schichten nur so verbunden sein können, dass in dem zwischen ihnen liegenden Raume eine Umbiegung stattgefunden hat. Erhält man beim Feststellen einer isoklinalen Schichtenfolge durch Buchstaben ein Schema, in welchem die einzelnen Glieder in derselben Reihenfolge wiederkehren (Fig. 52), so ist zu prüfen, ob man es mit einer Wiederkehr in Folge von Lagerungsstörungen zu thun hat, worüber im nächsten Abschnitte Weiteres folgt.

Wenn in einer sich wiederholenden Folge geneigter Schichten nicht

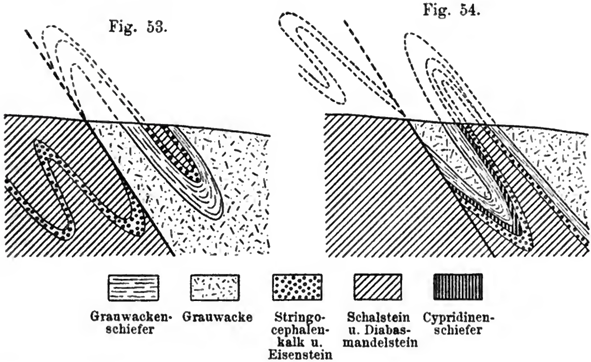
mit Sicherheit bekannt ist, welches die liegenden, welches die hangenden Gesteine sind, so kann die Ergänzung des Schichtensystems zu Mulden und Sätteln unter Umständen zu einer der Wirklichkeit diametral entgegengesetzten Auffassung führen. Enthält aber die

Fig. 52.



Folge zwei gut charakterisirte Gesteine, von denen genau bekannt ist, welches das jüngere ist, so ist ein derartiger Zweifel natürlich ausgeschlossen. Ein sehr schönes Beispiel aus allerneuester Zeit bietet das Oberdevongebiet von Elbingerode. Während Lossen hier eine Mulde annahm, in welcher die Schalsteine den jüngsten Kern bilden (Fig. 53), konnte M. Koch durch Auffindung des Cypridinen-

Fig. 53. Fig. 54.

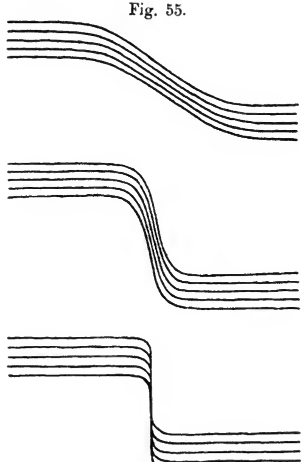


schiefers, also eines im Hangenden des Stringocephalenkalkes auftretenden Gesteins, den Nachweis führen, dass hier thatsächlich ein Sattel vorliegt und dass die Schalsteine das älteste Glied, den Sattelkern, bilden (Fig. 54). In den beiden Profilen ist die Ober-

flächenverbreitung der Schichten die nämliche, nur dass in Figur 54 noch der Cypridinenschiefer hinzutritt; die aus dem Schichtenverbande abgeleitete Tektonik aber zeigt den weitgehenden Unterschied der Auffassungen.

Wenn eine im Ganzen horizontale Schicht auf einer gewissen Strecke unter mehr oder weniger grossem Winkel geneigt erscheint und sodann wieder in horizontale Lagerung übergeht, so hat man es mit einer Lagerungsform zu thun, in welcher von den einzelnen Elementen einer Falte nur der Mittelschenkel vorhanden ist, während die beiden anderen Schenkel des Sattels und der Mulde in der Horizontalebene liegen. Man nennt eine solche Lagerungsform eine Monoklinalfalte, oder besser eine Flexur (Fig. 55). Der genetische Unterschied

Fig. 55.

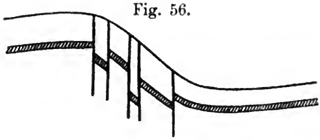


einer Flexur von einer normalen Falte besteht darin, dass bei der letzteren ein Zusammenschub stattgefunden hat, während mit dem Begriffe der Flexur eine Zerrung und Ausdehnung verknüpft ist. Es ergiebt sich daraus auch ganz klar, dass die Schichten im mittleren Schenkel der Flexur gewöhnlich weniger mächtig sind, als in den an die Flexur sich anschliessenden horizontalen Stücken, und dass diese Differenz in der Mächtigkeit um so grösser wird, je steiler auf-

gerichtet das geneigte Stück erscheint. Nimmt man den extremsten Fall an, dass die Schichten im Mittelschenkel senkrecht stehen, so werden sie in den meisten Fällen so ausgezogen sein, dass sie sich auf eine äusserst dünne, öfters unterbrochene Schicht beschränken (Fig. 55 unten), und wir gewinnen auf diese Weise den Uebergang aus der geneigten Lagerung der Schichten in die mit Bruch verknüpfte Verschiebung der Schichten gegen einander.

Bei Flexuren ist es eine sehr häufige Erscheinung, dass der geneigte oder steil stehende Mittelschenkel von zahlreichen streichenden Verwerfungen durchsetzt ist, zwischen denen die einzelnen Stücke um wechselnde Beträge dislozirt sind. Ein schematisches Bild solcher Schichtenstörungen gewährt Figur 56.

Fig. 56.



Schichtenstörungen: Die Zerberstung und Zerreissung ganzer Schichtensysteme oder einzelner Glieder derselben spielt im geologischen Bau vieler Gegenden eine ganz ausserordentliche Rolle, beeinflusst das Relief der Landschaft und ist für die Nutzbarmachung der in den geologischen Schichten eingeschlossenen Schätze von höchster Bedeutung. Sie äussert sich darin, dass in ausgedehnten, mehr oder weniger vertikal stehenden, zuweilen selbst horizontalen Ebenen oder faltigen Flächen der Zusammenhang der Schichten aufgehoben wird und eine Spalte entsteht, welche von der Breite einer Haarspalte bis zu vielen Metern Durchmesser schwanken kann. Durch solche Spalten wird die Erdrinde in Theilstücke von der verschiedensten Grösse zerlegt, von denen jedes einzelne von den bei der Gebirgsbildung thätigen Kräften mit anderem Erfolge angegriffen wird. In Folge dessen sind in den meisten Fällen solche Spalten zugleich Flächen, an welchen sich die einzelnen zusammenstossenden Schollen an einander verschoben haben, und es gehört zu den wichtigsten, aber oft auch schwierigsten Aufgaben des Geologen, in der Natur diese Spaltensysteme, ihren Verlauf und die Richtung ihres Einfallens festzustellen und zu ermitteln, ob auf ihnen sich Bewegungen vollzogen haben, ob dieselben horizontaler oder vertikaler Art waren, oder ob eine Kombination von beiden vorliegt, welchen Betrag die

Verschiebungen erreichten, ob die eine oder die andere Seite, oder ob alle beide bewegt wurden.

Wir betrachten nunmehr die einzelnen Arten von Störungen und beginnen mit der einfachsten Form derselben. Wenn eine Spalte vertikal aufreisst, so können auf derselben verschiedene Arten von Bewegungen stattfinden. Der Gebirgstheil auf der einen Seite derselben kann stehen bleiben und der andere kann senkrecht in die Tiefe sinken oder in horizontaler Richtung verschoben werden; letzteres speziell heisst „Blattverwerfung". Bisweilen kann man auch eine Kombination beider Bewegungsformen erkennen. In Folge davon stossen entlang einer Verwerfung meistens Schichten in einem Niveau an einander, die zu ganz verschiedenen Zeiten entstanden sind. Ausnahmsweise bei horizontaler Lagerung und ebensolcher Verschiebung des einen Flügels oder bei vollkommen saigerer Lagerung und ebensolcher Verschiebung wird ein Unterschied nicht erkennbar sein, ja es können in diesem Falle sogar die gleichzeitig entstandenen einzelnen Schichten noch unmittelbar einander berühren, vorausgesetzt, dass die Mächtigkeit der Schichten sich nicht verändert, die Grenzflächen also parallel verlaufen. Erst da, wo die Spalte in ihrer Horizontalverbreitung die Grenze zweier Schichtenkomplexe schneidet, werden Veränderungen an der Oberfläche erkennbar werden. Dagegen sind, im Falle horizontaler Verschiebung, senkrecht die Verwerfung durchsetzende Massen, also beispielsweise Eruptivgesteinsgänge, oberflächlich in ihrem Zusammenhange gestört und man kann an ihnen den Betrag der Verschiebung direkt erkennen. Umgekehrt werden die durch die Verwerfung getrennten Theile solcher vertikalen Gänge bei dem Absinken eines Flügels in die Tiefe neben einander liegen bleiben. Den Betrag, um welchen bei einer Verwerfung eine Schicht vertikal gegen die andere verschoben ist, nennt man die Sprunghöhe.

Wenn die Verwerfungsspalte nicht vertikal steht, sondern geneigt ist, so hat man zu unterscheiden zwischen dem hangenden und dem liegenden Flügel der Verwerfung, wobei man als „hangenden" denjenigen bezeichnet, in welchem eine angesetzte Bohrung in einer gewissen Tiefe die Verwerfungsspalte erreichen würde. Bei diesen geneigt stehenden Verwerfungen sind zwei Fälle zu unterscheiden: Entweder ist der hangende Flügel in die Tiefe gesunken und man spricht dann schlechthin von einer „Verwerfung" (Fig. 57), oder derselbe ist nach oben bewegt worden und man hat in diesem Falle einen Wechsel oder eine Ueberschiebung (Fig. 58) vor sich.

Im ersten Falle befindet sich zwischen den zu den beiden Seiten der Verwerfung liegenden Theilen einer ursprünglich zusammenhängenden Schicht eine Raumdifferenz, die in der Horizontalprojektion als Lücke erscheint, im letzteren Falle aber liegt auf einer bestimmten Strecke ein Theil der hangenden Schicht über einem

Fig. 57.

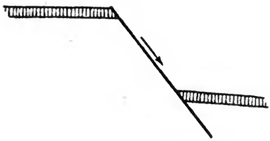
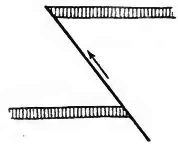


Fig. 58.



anderen der liegenden. Dieselbe Wirkung wird natürlich hervorgerufen, wenn in dem ersten Falle der liegende Flügel aufwärts bewegt wird oder im zweiten Falle entlang der Verwerfung in die Tiefe sinkt. Auf jeden Fall ist bei der Verwerfung entlang einer geneigten Spalte eine Vergrösserung der von der betreffenden Schicht in der Horizontalprojektion eingenommenen Fläche, bei der Ueberschiebung dagegen eine Verminderung derselben zu beobachten.

Verwerfungen sowohl wie Ueberschiebungen können in horizontal gelagerten und in geneigten Schichtensystemen, in gefaltetem Gebirge jeder Art, in Sedimentär- und in Eruptivgesteinen aufsetzen, und es kompliziren sich nach diesen einzelnen Fällen die Wirkungen, welche derartige Verschiebungen in der Oberflächenverbreitung der betreffenden Schichten bedingen.

Nach dem Winkel, den die Streichlinie einer Verwerfung mit derjenigen der von ihr durchsetzten Schichten bildet, kann man folgende Fälle unterscheiden:

1. Die Verwerfung verläuft völlig oder nahezu im Streichen der Schichten; man bezeichnet sie alsdann als „streichende“ oder „Längsverwerfung“. Wenn eine solche Verwerfungsspalte nicht senkrecht in die Tiefe setzt, so können die verworfenen Schichten entweder in derselben Richtung einfallen, wie die Verwerfung („rechtfallende“ Schichten) oder in entgegengesetzter („gegenfallende“ Schichten). Im ersteren Falle können die verworfenen Schichten nur dann wieder zu Tage treten, wenn sie ein steileres Einfallen besitzen, als die Verwerfung (Fig. 59). Dagegen werden bei gegenfallenden Schichten die verworfenen Theile in den meisten Fällen wieder zu Tage ausstreichen (Fig. 60).

Gegenfallende streichende Verwerfungen führen also zu Wiederholungen einer Schichtenreihe nach dem Schema *abcde* — *abcde* — *a* (Fig. 61), wohingegen rechtfallende das Fehlen eines vorhandenen

Fig. 59.

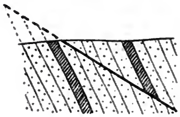
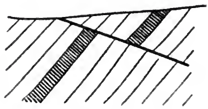


Fig. 60.



Schichtengliedes im Ausstriche an der Oberfläche veranlassen können (Schicht *f* in Fig. 62).

2. Die Verwerfung verläuft mehr oder weniger senkrecht zum Streichen der verworfenen Schichten und wird alsdann als „Querverwerfung“ bezeichnet. Es ist mit ihr immer eine Verschiebung der Schichten verbunden, mit Ausnahme des Falles, dass dieselben

Fig. 61.

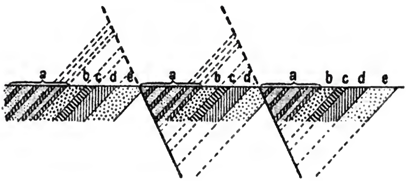
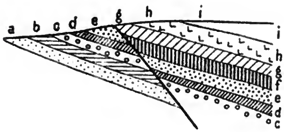


Fig. 62.

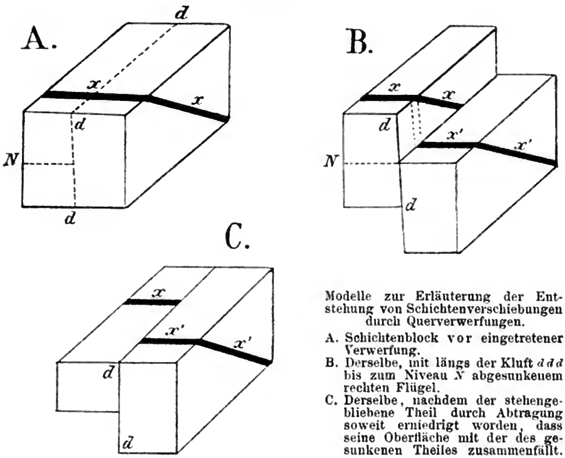


auf dem Kopfe stehen, und zwar erscheinen die hangenden Schichten der Fallrichtung entgegen, also nach rückwärts bewegt. Sehr gut wird dieses durch die drei folgenden Modelle (Fig. 63) erläutert, die wir Kayser's „Allgemeiner Geologie“ entnehmen.

3. Der Verlauf der Verwerfung steht in der Mitte zwischen den beiden oben genannten Gruppen, liegt also weder im Streichen

noch rechtwinkelig zu demselben und die Verwerfung wird als „Diagonal-“ oder „spiesseckige“ Verwerfung bezeichnet. Die von

Fig. 63.



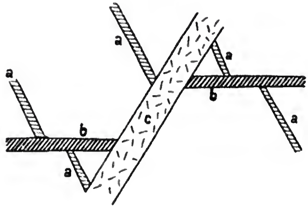
Modelle zur Erläuterung der Entstehung von Schichtenverschiebungen durch Querverwerfungen.
A. Schichtenblock vor eingetretener Verwerfung.
B. Derselbe, mit längs der Kluft *d d d* bis zum Niveau *N* abgesunkenem rechten Flügel.
C. Derselbe, nachdem der stehengebliebene Theil durch Abtragung soweit erniedrigt worden, dass seine Oberfläche mit der des gesunkenen Theiles zusammenfällt.

ihr ausgeübten Wirkungen kommen denjenigen der Querverwerfungen nahe und der Betrag der Querverschiebung wird um so grösser, je flacher die Schichten fallen und je mehr die Verwerfung einer streichenden sich nähert.

Es ist ein sehr häufiger Fall, dass Verwerfungen in grosser Zahl in einem begrenzten Gebiete auftreten, und dieselben können dann entweder einander parallel verlaufen, oder sich unter beliebigen Winkeln schneiden; sie können ferner entweder gleichzeitig entstanden, oder in verschiedenen Perioden einzeln oder gruppenweise gebildet sein. Im letzteren Falle wird man häufig die Beobachtung machen oder annehmen dürfen, dass die in ihrer Richtung mit einander übereinstimmenden Verwerfungen auch gleichen Alters sind. Wenn mehrere Verwerfungen von verschiedenem Alter einander durchkreuzen, so ist man in vielen Fällen in der Lage, mit Sicherheit die zeitliche Aufeinanderfolge der einzelnen Störungen festzustellen, besonders in dem Falle, wenn auf den Spalten Eruptivgesteine emporgedrungen sind, oder wenn sie nachträglich durch Mineralien und

Erze ausgefüllt sind. Es ist dann in jedem Falle diejenige Spalte die jüngere, welche eine andere schon ausgefüllte durchsetzt und

Fig. 64.



verwirft. In dem schematischen Bildchen (Fig. 64) erkennt man drei verschiedenalterige Spaltensysteme, von denen das mit *a* bezeichnete das älteste ist, weil es von den Spalten *b* und *c* verworfen, das mit *c* bezeichnete das jüngste ist, weil es, ohne weiter gestört zu sein, die mit *a* und *b* bezeichneten durchsetzt und verwirft.

Unter „Störungszonen" versteht man Systeme von Verwerfungen, Faltungen, Quetschungen, Zerreissungen etc. entlang eines schmalen, langgestreckten Raumes, zwischen störungsarmen oder davon freien Gebieten. Es kommen aber auch grosse Gebiete vor, in denen die Verwerfungen etc. nicht lokal angehäuft, sondern gleichmässig zerstreut sind.

Wenn mehrere Spalten einander parallel verlaufen, so können die etwa eingetretenen Verschiebungen alle in gleichem Sinne stattgefunden haben, in der Weise, dass der Betrag der Verwerfung, die Sprunghöhe, in einer bestimmten Richtung zunimmt. Es ergiebt sich daraus eine Tektonik, die man mit dem Namen „staffel-

Fig. 65.



förmiger" oder „treppenförmiger" Bau bezeichnet. Werden horizontal gelagerte Schichten von einem solchen Verwerfungssystem zerlegt, so entsteht im Querschnitte ein Bild, wie es in Figur 65, 68 und 69 angedeutet ist. Bei geneigter Lage der Verwerfungsebene kann, wenn in jedem Falle der hangende Flügel in die Tiefe sinkt, das Bild eines treppenförmigen Baus entstehen; haben

aber in solchem Falle Ueberschiebungen stattgefunden, so wiederholt sich der Seite 89 besprochene Fall mehrere Male hinter einander, und wenn die Spalten unter einem sehr flachen Winkel

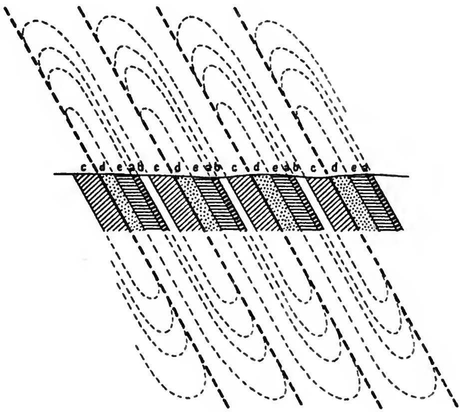
Fig. 66.



in die Tiefe gehen, so kann der Fall eintreten, dass dieselbe Schicht drei-, vier- und mehr Male in einer bestimmten Zone über einander lagernd, durch eine Bohrung angetroffen werden würde (Fig. 66).

Wenn Schichten, die sich schon vor der Spaltenbildung in mehr oder weniger geneigter Lage befanden, von einem solchen System

Fig. 67.

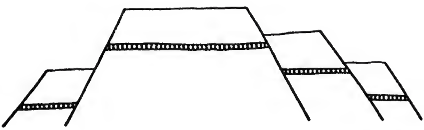


einander parallel verlaufender Ueberschiebungen betroffen werden, so kann der bereits oben angedeutete Fall eintreten, dass eine Schichtenreihe an der Oberfläche sich mehrere Male wiederholt, und es ist dann grosse Aufmerksamkeit erforderlich, um zu erkennen, ob man es mit einem isoklinalen Faltensystem oder mit einer Gruppe

von auf einander folgenden Ueberschiebungen zu thun hat. Man charakterisirt im letzteren Falle den Gebirgsbau mit dem Namen Schuppenstruktur (Fig. 67).

Wenn auf parallelen oder mit einander konvergirenden, aber im Streichen mehr oder weniger übereinstimmenden Spalten Bewegungen in der Weise stattfinden, dass ein von ihnen eingeschlossenes Gebirgsstück stehen bleibt und die äusseren Flügel der Verwerfungen in die Tiefe sinken, so entsteht der im Profile (Fig. 68)

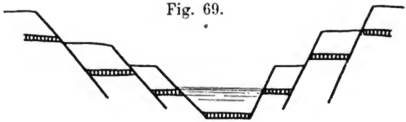
Fig. 68.



dargestellte Fall, in welchem man das stehen gebliebene Stück als einen „Horst“ bezeichnet.

Wenn umgekehrt die beiden äusseren Flügel der Verwerfung stehen bleiben und das von ihnen eingeschlossene Stück in die Tiefe

Fig. 69.

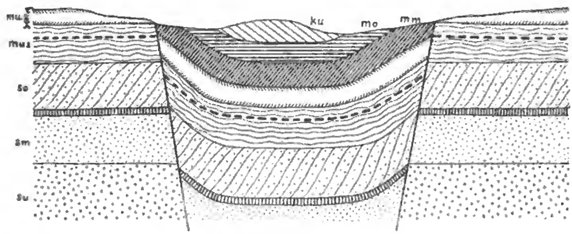


sinkt, so entsteht der in Figur 69 dargestellte Bau, den man als Grabenversenkung oder kurzweg als „Graben“ bezeichnet. Das folgende Profil (Fig. 70) giebt einen Querschnitt durch einen derartigen einfach gebauten Graben, in welchen eine bis in den Keuper hineinreichende Schichtenfolge zwischen zwei Verwerfungen in die Tiefe gesunken ist. An ihren beiden Seiten war dieselbe Schichtenfolge ursprünglich auch vorhanden, aber in Folge der Denudation reicht sie nach oben nur noch bis zum unteren Muschelkalke empor, während die jüngeren Schichten vollständig beseitigt sind.

Gewöhnlich ist der geologische Bau, sowohl der Horste wie der Gräben, ein komplizirter, indem innerhalb dieser tektonischen Hauptmassen noch weitere Verwerfungsspalten entstanden sind, auf denen abermals Verschiebungen der Schichten gegen einander in

verschiedenen, aber kleineren Beträgen stattgefunden haben. Ein Beispiel für einen solchen komplizirten Grabenbau bietet das Profil

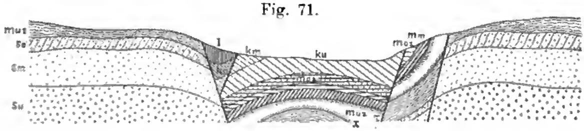
Fig. 70.



(Fig. 71), welches dem an Grabenversenkungen sehr reichen hessischen Berglande entnommen ist.

Auf die Art und Weise, in welcher die verschiedenen be-

Fig. 71.



Buchstabenerklärung zu Fig. 70 u. 71. su Unterer, sm mittlerer, so oberer Buntsandstein, mu_1 unterer, mu_2 oberer Wellenkalk. τ Terebratelbank, χ Schaumkalkbank, mm mittlerer, mo_1 und mo_2 oberer Muschelkalk, ku unterer, km mittlerer, ko oberer Keuper, l Lias.

sprochenen Arten von Störungen im Oberflächenbilde einer Gegend sich bemerkbar machen, wird im Kapitel 21 bei Besprechung der kartographischen Darstellung dieser Erscheinungen noch näher eingegangen werden.

Kapitel 13.

Beobachtungen über Konkordanz, Diskordanz, Transgression, Faziesbildungen.

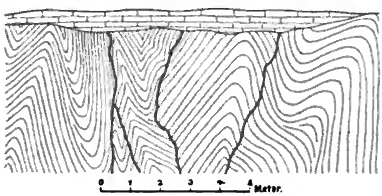
Wir wenden uns nunmehr zur Betrachtung des Verbandes einzelner Schichtenreihen. Wenn eine Anzahl von Schichten, seien sie nun horizontal gelagert oder geneigt, so über einander liegen,

dass ihre Schichtflächen parallel sind, so bezeichnet man diese Form der Auflagerung als Konkordanz. Diese Erscheinung ist die gewöhnlichste, oft über ausserordentlich ausgedehnte Erdräume verbreitet, und umfasst Schichtenreihen von grosser Mächtigkeit, die eine ganze Anzahl nach einander entstandener Formationen einschliessen können. Sie ist in den weitaus meisten Fällen ein Beweis dafür, dass die Ablagerung der Schichten ununterbrochen in ungestörter Weise vor sich gegangen ist; so dass beispielsweise in Deutschland die Schichtenfolge vom unteren Zechstein an bis zum oberen Jura eine konkordante Schichtenfolge darbietet. In solchen Fällen ist die gesammte Reihe der Formationen mit ihren einzelnen Unterabtheilungen wenigstens ursprünglich lückenlos und gleichmässig entwickelt, so dass in der Reihe kein nennenswerthes Glied fehlt. Es kann aber auch der Fall eintreten, dass Schichtenreihen in konkordanter Lagerung sich befinden, zwischen denen an irgend einer Stelle eine grosse Lücke besteht, die an anderen Orten durch mächtige, während langer Zeiträume gebildete Gesteinsreihen vertreten ist. In einem solchen Falle muss die unterhalb der Lücke liegende Schichtenoberfläche, ohne in ihrer Lagerung gestört zu sein, für lange Zeiträume für neue Sedimentbildung ungeeignet gewesen sein, also entweder im Grunde der Tiefsee, wo nur unbedeutende Sedimente sich niederschlagen, gelegen haben, oder in der Zwischenzeit Festland gewesen und nach Ablauf der durch die Lücke angedeuteten Periode zu Folge einfacher Vertikalverschiebung wieder in solche Bedingungen eingetreten sein, unter denen erneute Sedimentbildung möglich war.

Wenn auf einer Reihe untereinander konkordanter Schichten eine neue Gesteinsfolge abgelagert ist, deren ebenfalls unter sich parallele Schichten mit denjenigen der älteren Reihe nicht parallel verlaufen, so spricht man von einer ungleichförmigen oder diskordanten Auflagerung und bezeichnet die Erscheinung kurz als Diskordanz. Am meisten springt diese Auflagerungsform da in die Augen, wo der ältere Komplex nach seiner Ablagerung Störungen durch Faltung, Aufrichtung oder Verwerfung erfahren hat, und wo auf der durch die Denudation oder durch die abradirenden Brandungswellen des Meeres geschaffenen neuen Oberfläche Schichten abgelagert wurden, von denen die untersten auf den gestörten Schichtenköpfen der älteren auflagern; dies ist beispielsweise in dem nachstehenden Profil (Fig. 72) dargestellt, in welchem die kulmischen Kieselschiefer des Westharzes nach ihrer Faltung und Denudation

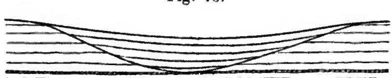
von den horizontal gelagerten Sedimenten des Zechsteins überdeckt werden. Ein ähnliches sehr bekanntes Beispiel von historischer Bedeutung bietet die Auflagerung der Zechsteinkalke auf den gefalteten und durch Verwerfungen gestörten Schichten der oberen Devonformation im Saalthale am Bohlenberge oberhalb Saalfeld.

Fig. 72.



Wenn eine Diskordanz in so ausgesprochener Form zur Beobachtung gelangt, so ist sie ein deutlicher Beweis dafür, dass zwischen der Ablagerung der älteren und der jüngeren Schichten ein grosser Zeitraum verstrichen sein muss, in welchem der ältere Komplex Lagerungsstörungen erfahren und den langsam wirkenden Kräften der abtragenden Brandung oder der erodirenden Wirkung der Gewässer auf der Oberfläche des Festlandes ausgesetzt gewesen ist. Weniger deutlich, aber immer noch erkennbar, macht sich die Erscheinung der Diskordanz geltend, wenn in beckenförmigen Einsenkungen des Untergrundes eine neue Schichtenreihe zum Absatz gelangte, die mit geringerem Unterschied in der Schichtenlagerung jenes Becken ausfüllte (Fig. 73).

Fig. 73.



Ein dritter Fall der Diskordanz tritt dann ein, wenn um mehr oder weniger grosse Klippen oder inselartige Hervorragungen des älteren Gesteins sich jüngere Sedimente mantelartig herumlegen, wobei naturgemäss an den Grenzflächen ebenfalls ein Abstossen der Schichten an einander stattfinden muss.

Wenn während der gleichmässigen Bildung einer Schichtenreihe Verschiebungen des Meeresspiegels stattfinden, in der Weise, dass durch ein Sinken des Festlandes dem Meere Gelegenheit geboten wird, von weiteren Flächenräumen Besitz zu ergreifen (positive Strandverschiebung), so werden die nach dieser Vergrösserung des Bildungsraumes abgelagerten Sedimente über die bis dahin gebildeten hinweggreifen und ein grösseres Areal bedecken als jene. Man bezeichnet diese Erscheinung als übergreifende Lagerung oder Transgression, und zwar wird im Allgemeinen dieser Name nur für diese Fälle angewendet, obwohl streng genommen jede diskordante Ueberlagerung mit dem Begriffe „Transgression“ verknüpft ist. Da naturgemäss in dem Falle einer langsamen Senkung des Meeresspiegels der Neigungswinkel der transgredirenden Schichten nur eine geringe Abweichung von demjenigen der früher abgelagerten besitzt, so wird diese Erscheinung im Aufschlusse oder auf einer kleinen Fläche nur schwer zu erkennen sein und erst durch die genaue Untersuchung und die sorgfältige Aufnahme der verschiedenen Einfallwinkel auf einer grossen Fläche unter Berücksichtigung der räumlichen Verbreitung der verschiedenartigen Ablagerungen erkannt werden können. Es ist aber durchaus nöthig, auf diese Erscheinung auf das sorgfältigste zu achten, weil Transgressionen Ereignisse in der Entwickelungsgeschichte der Erde darstellen, die für die Entzifferung des geologischen Baues einer Gegend von der höchsten Bedeutung sind. Einmal erstrecken sie sich gewöhnlich über sehr bedeutende Areale, dann aber sind sie auch ein Beweis dafür, dass grosse Veränderungen in der Vertheilung von Wasser und Land stattgefunden haben. Aus diesem Grunde sind sie auch für die Gliederung der einzelnen Formationen von grosser Bedeutung geworden. Während es nämlich in einem Gebiete, wo die Schichten in ununterbrochener Konkordanz auf einander folgen, vielfach schwierig ist, die Grenze zweier Formationen mit Sicherheit zu erkennen, bietet in einem anderen Gebiete manchmal die Beobachtung einer Transgression das Mittel, eine solche Grenze festzulegen, selbst wenn die Schichtenfolgen in petrographischer Beziehung keine sehr in die Augen fallenden Unterschiede zeigen.

Den oben besprochenen Fall, dass in einer scheinbar konkordanten Schichtenreihe eine Lücke vorhanden ist, indem eine oder mehrere in anderen Gebieten in der betreffenden Zeit abgelagerte Schichten oder gar Formationen fehlen, muss man also streng ge-

nommen ebenfalls als eine Diskordanz bezeichnen, die man als eine versteckte oder maskirte charakterisiren kann. Dieselbe kann dadurch erkennbar werden, dass stellenweise in solcher scheinbar konkordanten Reihe eine wirkliche, deutlich beobachtbare Diskordanz sich einstellt, indem hier die jüngere Schicht in durch Denudation erzeugte Vertiefungen der älteren sich hinein legt, oder dadurch, dass an einer anderen Stelle die ältere Gesteinsreihe nicht mehr parallel mit der Auflagerungsfläche der jüngeren liegt, oder dass die ältere Schicht durch Faltungen und Verwerfungen gestört ist, so dass ihre Schichten mit den auflagernden jüngeren eine Neigungsdifferenz aufweisen. Ein solcher Fall wird z. B. dann anzunehmen sein, wenn in einem und demselben Gebiete an einer Anzahl von Stellen Konkordanz, an anderen benachbarten Stellen dagegen Diskordanz zweier Schichtenreihen zu beobachten ist, zwischen deren Ablagerung eine aus Fossilienführung oder anderen Gründen zu schliessende grössere Unterbrechung stattgefunden hat.

Wenn in irgend einer Formation die Meeresfläche Theile des vorherigen Festlandes überfluthete, ohne dass es zur Bildung von Abrasionsflächen kam, so haben wir einen Vorgang, den man mit Richthofen als Ingression von der Transgression auf abradirtem Festlandsboden unterscheiden kann. Ein solcher Fall kann eintreten, wenn das an den alten Strand angrenzende Landgebiet durch eine Barriere, etwa einen Strandwall oder ein Korallenriff, vor der Wirkung der Brandungswellen und dem Einflusse der Gezeiten geschützt war, oder wenn kleinere Meeresbecken, in welchen beide Faktoren keine wesentliche Rolle spielen, ihren Umfang vergrösserten. In solchen Ingressionsgebieten entstehen gewöhnlich zur gleichen Zeit Ablagerungen sehr verschiedener Art: Einmündende Flüsse lagern grobe Sedimente ab, und es können Konglomerate und Sandsteinschichten von ziemlicher Mächtigkeit entstehen, während zur selben Zeit in einem angrenzenden, tieferen Meere nur geringfügige Sedimente sich bildeten, deren unbedeutende Mächtigkeit auf den Mangel von Meeresströmungen und von aufbereitend wirkenden Brandungs- und Fluthwellen zurückzuführen ist. Solche Unterschiede in gleichalterigen Sedimenten brauchen sich aber nicht nur auf die Mächtigkeit zu beziehen, sondern können auch das Material und die eingeschlossenen organischen Reste beeinflussen. In der Nähe der Küste gelangen gröbere Bildungen zum Absatze, im tieferen Meere thonige Sedimente und an noch anderen Stellen nur die durch organische Thätigkeit geschaffenen kalkigen oder kieseligen

Bildungen. Die Fauna und Flora dieser verschiedenen Zonen kann auf engem Raume ausserordentliche Verschiedenheiten zeigen, so dass unter Umständen ganz nahe bei einander liegende und zur gleichen Zeit entstandene Schichten kein einziges Lebewesen mit einander gemein haben. Derartige Aenderungen in der Beschaffenheit der Gesteine und der zugehörigen Faunen und Floren bezeichnet man mit dem Namen Fazies und nennt nach dem Vorgange von Mojsisovics solche Sedimente „heteropische". Den Gegensatz dazu bilden „isopische" Ablagerungen, d. h. solche, die petrographisch und im Faunenhabitus übereinstimmen, selbst wenn sie verschieden alt sind. Mit den verwandt klingenden Bezeichnungen „heterotopisch" und „isotopisch" dagegen bezeichnet man Sedimente, die in den gleichen geologischen Provinzen oder Meeresbecken (isotopisch) oder in verschiedenen (heterotopisch) entstanden sind. So sind beispielsweise der pazifische Biloculinenschlick und der atlantische Globigerinenschlick heterotopisch isopische, ein Tiefseeschlamm und ein Korallenkalk desselben ozeanischen Beckens dagegen isotopisch heteropische Sedimente.

Die drei wichtigsten Gruppen der Faziesbildungen unterscheidet man, je nachdem sie auf dem festen Lande, im Süsswasser oder im Meere entstanden sind, als terrestrische, limnische und marine. Bei verschiedenem Bildungsmedium nennt man solche Ablagerungen „heteromesische", bei gleichem „isomesische". Unter den besonders weit verbreiteten marinen Ablagerungen kann man die Strandfazies von der Flachsee- und der Tiefseefazies gewöhnlich deutlich unterscheiden. Die Gesteine der ersteren haben meist grobes Korn oder sind als Riffe von Polypenkolonien erbaut. Dickschalige Seeigel, grosse Muscheln und Schnecken mit widerstandsfähigen, dem Aufenthalte in der Brandung angepassten Schalen sind charakteristische Bewohner der Strandzone. Ganz anders sind die Bewohner der Tiefsee: Zarte, glasartige Kieselschwämme, zahlreiche Crinoiden, gewisse Seeigelgruppen und die Mehrzahl der Einzelkorallen sind Bewohner der in der Tiefsee abgelagerten rothen und grünen, von mikroskopischen Resten (Foraminiferen, Radiolarien, Diatomeen) strotzenden Thone. Petrographisch und faunistisch stellt sich die Fazies der Flachsee zwischen beide.

Der Wechsel der Fazies ist bei geologischen Untersuchungsarbeiten scharf zu berücksichtigen, da man im anderen Falle leicht zu ganz falschen Schlüssen verführt werden könnte, ein Umstand, dessen Nichtbeachtung in früheren Zeiten zu zahlreichen, nachher

schwer auszurottenden irrthümlichen Anschauungen Veranlassung gegeben hat. Ein vortreffliches Beispiel des Fazieswechsels haben wir bereits im Kapitel über ursprünglich geneigte Schichten an einem Falle aus dem Fränkischen Jura kennen gelernt, wo gleichzeitig entstandene massige Riffdolomite in ganz kurzen Uebergängen mit fein geschichteten Detritussedimenten kalkiger Natur auf's innigste verknüpft sind. Ueberhaupt beobachtet man den Fazieswechsel bei uns in Deutschland am besten und auf engstem Raume da, wo riffbildende Korallen, wie im Devon, Zechstein und Jura, mächtige, klotzige Gebirgsmassen gebildet haben, die nach den Seiten hin sehr schnell in wohlgeschichtete Sedimente übergehen und mit denselben in engem Verbande stehen. Auch in solchen Fällen, wo gröbere Sedimente durch Fazieswechsel allmählich, und oft erst in grösserer Entfernung bemerkbar, in thonige oder kalkige Schichten übergehen, wie z. B. in der Kreideformation im nördlichen Harzvorlande und in Sachsen, ist die Feststellung der Zusammengehörigkeit der so unterschiedenen Bildungen von Bedeutung, weil dieselbe einen wichtigen Anhalt zur Beurtheilung der Lage der alten Küstenlinie der betreffenden Meerestheile liefert. Man hat die Küste immer in der Richtung anzunehmen, nach welcher hin das Sediment an Korngrösse seiner einzelnen Bestandtheile zunimmt.

Bei der kartographischen Darstellung eines solchen Fazieswechsels wird man wohl in den meisten Fällen in der Lage sein, eine bestimmte Grenze zwischen den einzelnen Bildungen zu ziehen, trotzdem in der Natur eine solche in genügender Schärfe nicht ausgebildet ist, vielmehr die verschiedenartigen Gesteine durch Uebergänge oder auskeilende Wechsellagerung auf das innigste mit einander verknüpft sind. Unter Umständen, und zumal bei jüngeren Bildungen, wo die Beobachtung durch die ununterbrochene Lagerung an der Oberfläche erleichtert wird, kann man auch wohl vom Ziehen einer festen Grenze Abstand nehmen und die beiden heteropischen Sedimente auch in der Darstellung in einander fliessen lassen. Jedenfalls muss man es vermeiden, auf der Karte gleichalterige Faziesbildungen mit sehr verschiedenen Farben darzustellen, sondern muss auch hier ihre verwandtschaftlichen Beziehungen durch Aehnlichkeit der Farben oder Zeichen zum Ausdrucke bringen.

Kapitel 14.

5. Beobachtung wasserführender Schichten und nutzbarer Ablagerungen in Aufschlüssen.

Ausser den in den vorigen Kapiteln entwickelten Gesichtspunkten sind bei der Beobachtung und Untersuchung von Aufschlüssen noch zwei Dinge beachtenswerth:

1. Wasserführende Schichten: In tiefen Gruben, die in eine ebene Fläche eingesenkt sind, wird man häufig beobachten, dass zur Freihaltung der Sohle der Grube von Wasser Pumpenanlagen von verschiedener Grösse erforderlich sind. In den wenigsten Fällen werden dieselben gebraucht, um ausschliesslich die sich sammelnden Tagewasser zu beseitigen, vielmehr werden sie meistens dadurch erforderlich, dass innerhalb des in der Grube auftretenden Schichtenverbandes sich eine wasserführende Schicht befindet, welche ununterbrochen aus einer oder mehreren Quellen Wasser in die Grube abgiebt. In den meisten Fällen liegen solche Wasseraustrittsstellen da, wo unter durchlässigen Schichten eine undurchlässige auftritt, doch kommen auch Fälle vor, in denen innerhalb einer gleichartigen mächtigen Schicht nennenswerther Wasseraustritt Statt hat. Man hat die Lage und die Ursache des Wasseraustritts an solchen Stellen genau zu ermitteln, weil diese Beobachtungen einmal für die Feststellung der Grundwasserverhältnisse, in noch höherem Masse aber für die spätere Aufsuchung der geologischen Grenzen zwischen den beiden betreffenden Schichten an den Stellen, wo sie zu Tage ausstreichen, nutzbringend verwendet werden können.

2. Die technische Nutzbarkeit: Es ist von vornherein natürlich, dass in jedem künstlichen Aufschlusse, es sei denn, dass derselbe durch Wege- oder Eisenbahnbauten veranlasst wäre, eine in irgend einer Hinsicht nutzbare Schicht aufgeschlossen ist, da ihre Verwerthbarkeit eben die Anlage des Aufschlusses veranlasste. In den meisten Fällen wird es ohne Weiteres aus der Art des betreffenden Gesteins ersichtlich sein, zu welchem Zwecke dasselbe dient; wo die Art der Verwendung nicht sogleich zu erkennen ist, hat man sich von den Besitzern, Arbeitern oder Aufsehern der betreffenden Grube die nöthige Auskunft zu verschaffen. Die Anstellung dieser

Ermittelungen ist für Fragen der praktischen Geologie deshalb von Bedeutung, weil man dadurch in die Lage versetzt wird, vorkommenden Falles Anhaltspunkte für die Angabe solcher nutzbaren Ablagerungen an anderen Orten zu gewinnen.

Kapitel 15.

Beobachtungen an Eruptivgesteinen.

Es muss vorausgesetzt werden, dass der Geologe die nöthigen petrographischen Kenntnisse besitzt, um, falls nicht besonders erschwerende Umstände (Metamorphose) auftreten, in einem Aufschlusse alsbald zu erkennen, ob die in demselben vorkommenden Gesteine im Wasser abgelagert (sedimentär) oder aus dem Erdinneren im feurig-flüssigen Zustande emporgedrungen (eruptiv) sind. Die wichtigsten Kennzeichen für letztere sind der Mangel an Schichtung (Vorsicht bei Fluidalstruktur und plattiger Absonderung!) und Versteinerungen, die Struktur und die Form des Auftretens. Während über die Struktur bereits das Nähere gesagt ist, mögen über die verschiedenen Lagerungsverhältnisse, unter denen Eruptivgesteine zu beobachten sind, hier folgende kurze Bemerkungen ihren Platz finden.

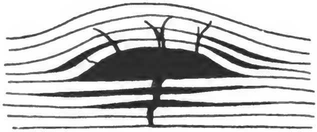
1. Das aus der Tiefe emporgedrungene feurig-flüssige Magma hat in manchen Fällen vorher schon vorhandene, ausgedehnte Hohlräume im Inneren der Erdkruste ausgefüllt, ohne an die Oberfläche gelangt zu sein. Derartige stockförmige, mannigfach gestaltete Massen sind von Süss als Batholithe bezeichnet.

2. Das aufsteigende Magma hat in den überlagernden Schichten einen solchen Widerstand gefunden, dass es nicht bis zur Oberfläche emporzudringen vermochte, sondern in mehr oder weniger grossen Tiefen sich von dem Eruptionskanal aus seitwärts in den Verband der Schichten einzwängte, die einzelnen Schichtflächen von einander trennte und in die dadurch entstandenen Zwischenräume sich ergoss. Derartige Massen, die in verschiedenen, in den folgenden beiden Querschnitten (Fig. 74 u. 75) schematisch erläuterten Formen auftreten können, werden nach dem Vorgange von Gilbert als Lakkolithe bezeichnet. Dabei soll in Figur 75 die Linie aa die durch Denudation geschaffene heutige Oberfläche bezeichnen.

3. Das Magma erreicht die Oberfläche; die Form seines Auftretens kann in diesem Falle eine sehr mannigfaltige sein; wir

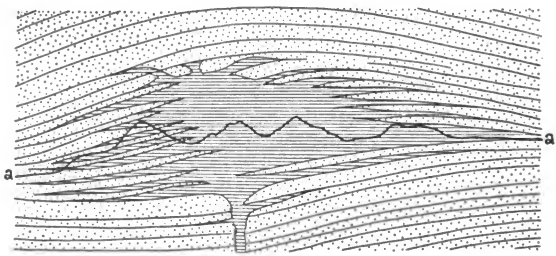
unterscheiden zunächst die die Ausbruchsspalten erfüllenden Gesteinsmassen als Gänge von den über dem Ausgehenden der Gänge abgelagerten Gesteinsmassen. Die letzteren sind in ihrer Form von dem grösseren oder geringeren Grade von Dünnflüssigkeit bezw. von

Fig. 74.



der grösseren oder geringeren Durchtränkung des Magmas mit wässerigen Flüssigkeiten abhängig. Leichtflüssige Gesteine breiten sich an der Oberfläche zu Decken und Strömen von wechselnder Mächtigkeit und Ausdehnung aus, wobei die Neigungsverhältnisse

Fig. 75.



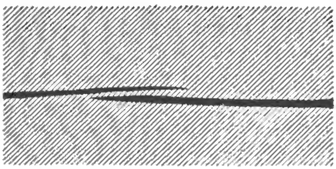
der Unterlage eine bestimmende Rolle spielen. Zähflüssige Eruptivgesteine dagegen bilden entweder sogen. Quellkuppen über dem Ausbruchsherde, d. h. glocken- oder domförmige Massen mit steiler, seitlicher Begrenzung, oder gleichfalls Decken, die sich aber von denen der leichtflüssigen Gesteine durch grössere Mächtigkeit und geringere Horizontalerstreckung unterscheiden. Entsprechend der geringen, derartigen Magmen innewohnenden Bewegungsfähigkeit endigen solche Decken gewöhnlich mit sehr steilen Rändern, deren Höhe von der Mächtigkeit der Decke abhängig ist. Man unterscheidet die unter 1. und 2. angeführten Eruptivgesteine

als plutonische, endogene, intrusive oder Tiefengesteine von den unter 3. angeführten exogenen, vulkanischen oder Oberflächenergüssen.

Wir beginnen die Besprechung desjenigen, worauf der Geologe bei der Auffindung von Eruptivgesteinen in einem Aufschlusse zu achten hat, mit der am leichtesten zu übersehenden Form ihres Auftretens, mit dem Gange. Die Gänge stellen die Kanäle dar, durch welche die vulkanischen Ergüsse mit dem Inneren der Erde in Verbindung stehen. Sie sind in vielen Fällen, zumal in jüngeren Formationen, direkt mit den an der Oberfläche weiterhin in Form von Kuppen oder Decken ausgebreiteten, gleichartigen Gesteinen verknüpft, oder treten uns, besonders in älteren Formationen, als isolirte Reste alter vulkanischer Thätigkeit entgegen. In diesem Falle sind durch die Denudation die zugehörigen Oberflächenbildungen wieder völlig zerstört worden.

Zunächst ist die Mächtigkeit des Ganges zu bestimmen; dieselbe wird durch die Länge einer Linie quer durch den Gang hindurch gemessen, welche rechtwinkelig auf den Begrenzungsflächen (Sahlbändern) desselben steht. Diese Mächtigkeit kann von der Stärke weniger Zolle bis zu vielen Metern schwanken und ist auch an den verschiedenen Stellen des Ganges häufig verschieden. Auch kommen Fälle vor, in denen ein Gang scheinbar endigt und ein zweiter in entgegengesetzter Richtung endigender, in ganz geringer Entfernung und in derselben Richtung aufsetzt, wie es beispielsweise bei den Basaltgängen im Fränkischen Keuper oft der Fall ist. Der nachfolgende Grundriss mag dies Verhältniss veranschaulichen.

Fig. 76.



Der zweite Punkt der Festsetzung betrifft das Streichen des Ganges. Dasselbe wird nach der Himmelsrichtung in derselben Weise bestimmt, wie das Streichen geschichteter Gesteine, und man verfährt in diesem Falle nach der oben gegebenen bezüglichen Anleitung. Der dritte Punkt ist das Einfallen des Ganges, d. h. die Richtung,

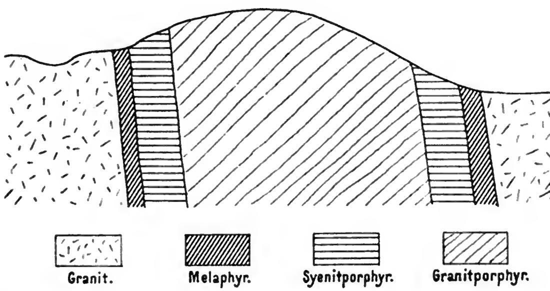
in welcher der Gang senkrecht zum Streichen in die Tiefe hinabsetzt, und der Winkel, welchen diese Neigung mit der Horizontalebene bildet. Auch diese Bestimmungen werden vollkommen in derselben Weise ausgeführt, wie bei den Sedimentärgesteinen. Setzt ein Gang senkrecht in die Tiefe, so ist sein Verlauf an der Oberfläche ein schnurgerader; ist er dagegen geneigt, so ist sein Ausstrich an der Oberfläche vom Terrain abhängig und bildet krumme Linien, deren gesetzmässige, von dem Einfallswinkel abhängige Lage in Kapitel 24 besprochen werden wird.

Ist die Lage des Ganges im Raume festgestellt, so wende man sich nach der Untersuchung der petrographischen Beschaffenheit des Gesteins der näheren Feststellung einer Anzahl von Erscheinungen zu, die für die Kenntniss des Wesens der Eruptivgesteine von Bedeutung sind. Es ist zunächst zu ermitteln, ob der Gang in seiner ganzen Breite von gleichmässiger Beschaffenheit ist. In vielen Fällen wird man keinen Unterschied zwischen der Gesteinsbeschaffenheit an den Rändern des Ganges und in der Mitte desselben wahrnehmen können. In anderen Fällen dagegen wird man bestimmte Unterschiede in dieser Beziehung konstatiren können. Meist beziehen sich dieselben auf die Struktur: während das Innere des Ganges eine krystallinische Beschaffenheit besitzt, können mit allmählichem oder sprungweisem Uebergange die Ränder (Sahlbandgesteine) dicht oder glasig sein, oder eine schlackige Struktur besitzen. Im letzteren Falle können die entstandenen Hohlräume sekundär wieder ausgefüllt sein, so dass das Gestein des Sahlbandes als Mandelstein zu bezeichnen ist. Sehr häufig ist der Fall, dass gewisse Mineralerscheinungen sich am Sahlbande neu einstellen oder fehlen, oder eine parallele Anordnung annehmen, Ueberhaupt sind alle Unterschiede in den Strukturverhältnissen und jeder regelmässige oder unregelmässige Wechsel in der mineralogischen Zusammensetzung vom Rande nach der Mitte hin zu ermitteln.

Wenn in einem Gange verschiedene Gesteine auftreten, so sind drei Fälle möglich: Entweder hat man es, wie in dem oben genannten Falle, nur mit verschiedenen Erstarrungsmodifikationen zu thun, — dies ist das gewöhnlichste Verhalten, welches man auch als endogene Kontaktmetamorphose bezeichnet hat, — oder aber es ist eine bereits von Eruptivgesteinen erfüllte Spalte zum zweiten Male aufgerissen, und auf derselben von Neuem ein Magma emporgedrungen, oder endlich es liegen von unten mit emporgerissene

oder von oben in das flüssige Magma hinein gestürzte fremde Einschlüsse vor. Es gehört zu den schwierigsten Fragen der Feldgeologie, mit Sicherheit zu entscheiden, welcher von diesen Fällen vorliegt. Einen gewissen Anhalt bietet der symmetrische oder unsymmetrische Bau eines solchen „gemischten" Ganges, in welchem mehrere Eruptivgesteine gleichzeitig auftreten. Besitzt derselbe einen symmetrischen Bau, wie beispielsweise die gemischten Gänge bei Liebenstein im Thüringer Walde (Fig. 77), so ist man im Allgemeinen zu der Annahme berechtigt, dass man es mit Erstarrungsmodifikationen zu thun hat. Ist die Anordnung der Gesteine aber eine unsymmetrische, d. h. ist die eine Seite des Ganges von einem

Fig. 77.



anderen Gestein, als die andere Seite eingenommen, so liegt von vornherein der Gedanke nahe, dass man es mit zwei verschiedenen Eruptionen auf derselben Spalte zu thun hat. Indessen kann dieser letztere Fall auch bei einer Symmetrie des Ganges vorliegen, wenn nämlich die Aufreissung der alten Spalte nicht auf eine Seite des Ganges beschränkt ist, sondern auf beiden Seiten desselben oder gar in seiner Mitte erfolgte, denn es ist klar, dass in beiden Fällen gleichfalls eine symmetrische Anordnung der Gesteine die Folge sein muss.

In solchen Fällen kann nur eine ganz genaue, eventuell mikroskopische Untersuchung des Kontaktes der verschiedenen Gesteine zu einer sicheren Entscheidung führen.

Es ist weiter zu prüfen, in welcher Weise die an die Gangmassen angrenzenden Theile des Nebengesteins durch das aufsteigende gluthflüssige Magma beeinflusst worden sind (exogene

Kontaktmetamorphose). In sehr vielen Fällen wird eine derartige Untersuchung ein negatives Resultat haben, indem keinerlei Unterschiede des dem Gange benachbarten Gesteins gegen das weiterhin folgende wahrzunehmen sind. Vielfach aber sind derartige Einwirkungen ganz unverkennbar. Man kann die hierher gehörenden Erscheinungen in zwei grosse Gruppen trennen: 1. in solche, die nur durch die hohe Temperatur des aufsteigenden Magmas (kaustische Metamorphose) und 2. in solche, die durch chemische Einwirkung der im Magma eingeschlossenen, unter hohem Drucke stehenden Flüssigkeiten erzeugt sind (hydatothermische Metamorphose).

1. Kaustische Metamorphose. Durchbrochene Sandsteine sind in der nächsten Nähe des Ganges theilweise geschmolzen und gefrittet, sie haben dadurch eine gewisse glasige Beschaffenheit erlangt und unterscheiden sich durch grosse Härte von den in weiterer Entfernung liegenden Theilen desselben Gesteins. Dazu kommt häufig noch eine gewisse Umfärbung, indem solche Sandsteine entweder eine Entfärbung oder im Gegentheil kräftigere, zumeist auf Eisenoxydfärbung beruhende Farbentöne zeigen. Manche schieferige Gesteine zeigen eine mit theilweisem Verluste der Schichtung verbundene Härtung und Färbung und Umwandlung in porzellan- oder jaspisartige Gesteine. Von Eruptivgesteinen durchsetzte oder überlagerte Stein- und Braunkohlen sind an der Kontaktstelle einem natürlichen Verkokungsprozesse unterworfen, haben ihre destillirbaren Kohlenwasserstoffe, je näher dem Eruptivgesteine desto vollständiger, verloren, und sind in dieser unmittelbaren Berührung in reinen Koks, in einer daran anschliessenden Zone in Anthrazit verwandelt worden.

Gleichfalls in die Gruppe der kaustischen Umwandlungserscheinungen gehört die stengelige Absonderung des Nebengesteins rechtwinkelig zur Grenze des beeinflussenden Eruptivgesteins. Dieselbe ist besonders schön da entwickelt, wo Sandsteine das Nebengestein bilden; sie findet sich ferner bei thonigen Gesteinen, auch bei dichten Tuffen und schliesslich sehr schön bei der im Kontakt verkokten Kohle.

2. Hydatothermische Metamorphose. In diese Gruppe von Erscheinungen gehört die Umwandlung von Kalksteinen in reinen, zuckerkörnigen Marmor. Die dem gewöhnlichen Kalksteine fast niemals fehlenden Beimengungen von Eisen- und Thonerdeverbindungen, sowie von Silikaten haben sich bei dieser Gelegenheit unter gegenseitiger chemischer Umwandlung und unter dem Einflusse der überhitzten Dämpfe und Lösungen des Magmas in allerlei, meist schön

krystallisirte Mineralien, Wollastonit, Vesuvian, Granat, Spinell, Glimmer u. a. umgewandelt, durch welche manche solcher Kontaktstellen zu berühmten Fundorten schöner Mineralien geworden sind. Hierher gehört ferner die graduelle Umwandlung von Thonschiefern in Knoten-, Frucht- und Garbenschiefer, in dichte, splitterige Hornfelse und schliesslich in krystallinische, an Glimmerschiefer und Gneiss erinnernde Gesteine, die dann durch grossen Reichthum an schönen Silikatmineralien ausgezeichnet sein können. Unreine Kalksteine werden durch hydatothermische Metamorphose in Kalkhornfelse, Schiefer im Kontakte mit Diabas unter Zufuhr von Natrium oftmals in Adinole, Hornschiefer und Spilosite verwandelt.

Liegen derartige Umwandlungen des Nebengesteins vor, so ist zu bestimmen, wie weit dieselben, rechtwinklig zum Gange gemessen, sich erstreckt haben. Man wird im Allgemeinen dabei die Beobachtung machen, dass der erhaltene Werth von der Mächtigkeit des Ganges abhängig ist, dass aber die Art des Eruptivgesteins und des Nebengesteins von grosser Bedeutung sind (kalkreiche Gesteine werden sehr intensiv, Quarzite u. a. sehr wenig umgewandelt). In vielen Fällen ist diese Beeinflussung auf eine wenige Zentimeter mächtige Schicht beschränkt.

Grosse Sorgfalt ist dem Auftreten von fremdartigen Gesteinsmassen innerhalb des Eruptivgesteins bei der Untersuchung eines Ganges zuzuwenden. Wenn eine Spalte aufreisst, so stürzen naturgemäss von den Seitenwänden derselben zahlreiche Gesteinsstücke, die durch den Zerreissungsprozess aus ihrem Verbande gelöst sind, in die Spalte hinein. Dringt nun ein Eruptivgestein in derselben empor, so nimmt dasselbe nicht nur diese Gesteinsstücke in seine Masse auf, sondern es reisst auch seinerseits noch von den Rändern der Spalte Brocken ab und schliesst dieselben in sich ein. Es können auch Gesteinsstücke in die Spalte hineingestürzt sein aus Schichten, die der Denudation später vollständig zum Opfer gefallen sind. Sie wurden vom Magma eingeschlossen und können heute Zeugniss für das ehemalige Vorhandensein ganzer Formationen in dem betreffenden Gebiete ablegen. So hat bei Kassel, wo jetzt in weitem Umkreise kein Lias mehr vorhanden ist, derselbe sein ehemaliges Vorhandensein durch Versteinerungen führende Brocken im Basalte verrathen.

Solche fremde Gesteinseinschlüsse sind natürlich in derselben Weise der Einwirkung der Hitze oder der im Magma enthaltenen Gase und Flüssigkeiten ausgesetzt, wie das Nebengestein und zeigen

deshalb ganz analoge, oft sogar noch intensivere Umwandlungserscheinungen. Man wird also durch das Studium der letzteren in die Lage kommen, die in der Gangmasse selbst eingeschlossenen fremdartigen Stücke mit bestimmten Typen des durchbrochenen Gesteins zu identifiziren. Häufiger aber wird noch ein Rest von derartigen Gesteinen übrig bleiben, von welchem angenommen werden muss, dass er Bruchstücke des Nebengesteins aus grösseren, der Beobachtung nicht direkt zugänglichen Tiefen darstellt. In manchen Fällen wird es nicht schwer sein, auch solche Gesteine ohne Weiteres gleich richtig zu bestimmen, während in anderen Fällen selbst genaue mikroskopische Untersuchung nicht feststellen kann, von welchem Gestein solche Einschlüsse herrühren. In jedem Falle ist es von hoher Bedeutung, aus der Natur dieser Einschlüsse Schlüsse auf die in unzugänglichem Niveau in der Tiefe folgenden Gesteine zu machen.

Manche Eruptivgänge sind ausserordentlich arm oder ganz frei von solchen Einschlüssen des Nebengesteins. In anderen Gängen häufen sie sich dermaassen, dass die Masse des Ganges zum grossen Theile aus solchen Fragmenten des Nebengesteins besteht, so dass das eigentliche Eruptivgestein nur gewissermassen eine Ausfüllungsmasse der Hohlräume zwischen den einzelnen Trümmern darstellt und quantitativ so zurücktritt, dass man direkt von Brecciengängen sprechen kann. Von dieser Art sind beispielsweise manche Basaltgänge im südlichen Schwarzwalde.

Bei der Untersuchung der Fremdkörper in einem Gange ist es von grosser Bedeutung, sich vollkommene Klarheit darüber zu verschaffen, ob man es thatsächlich mit Bruchstücken des Nebengesteins zu thun hat, oder ob es sich nur um eigenartige Ausscheidungen im Magma selbst handelt; das beste Kriterium für die Entscheidung dieser Frage liefert die Form dieser fremden Massen. Besitzen diese eine scharf abgegrenzte Aussenseite mit harten Konturen, und sind dieselben deutlich gegen das eigentliche Eruptivgestein abgesetzt, so wird man in den meisten Fällen mit Sicherheit annehmen können, dass man es mit Trümmern des Nebengesteins zu thun hat. Ist ihre Form dagegen eine mehr verschwommene, rundliche oder ovale, zeigt ihre mineralogische Zusammensetzung geringere Abweichungen von derjenigen des Eruptivgesteins, und ist der Einschluss mit dem Gestein durch Uebergangszonen verbunden, so wird man hier an Ausscheidungen im Magma zu denken haben. In sehr vielen Fällen wird nur eine mikroskopische Unter-

suchung des Grenzgebietes zwischen Einschluss und Gestein eine endgültige Entscheidung liefern können.

Sehr häufig wird man in die Lage kommen, eine bestimmte Antwort nicht zu geben. Dann liegt der Schluss nahe, dass ein fremder Einschluss zu Grunde liegt, dass derselbe vom Magma zum Theil verdaut (resorbirt) wurde, aber, da dies nur unvollkommen geschehen ist, nun den Eindruck einer Ausscheidung aus diesem Magma macht. Alle Daten sind zu sammeln, welche zur Aufklärung dieser Frage dienen können, z. B. die verschiedenen Stadien einer solchen Verdauung.

Tritt uns ein Eruptivgestein im Aufschlusse nicht als Gang entgegen, sondern in derjenigen Form, die es nach seinem Austritte an die Erdoberfläche angenommen hat, so sprechen wir je nach dem Verhältnisse von Länge und Breite von Strömen oder Decken. Der einfachste und am bequemsten zu übersehende Fall ist der, dass seit der Ablagerung der Decke keine weitere Schichtenbildung darüber stattgefunden hat, dieselbe also heute noch die Oberfläche darstellt. Bei deckenförmigen Ergüssen hat man zunächst wieder, wie bei den Gängen, die Mächtigkeit sowie die Lage im Raume nach Streichen und Fallen zu bestimmen, und ferner den verschiedenartigen Erstarrungsformen und Beeinflussungen des Nebengesteins und der Einschlüsse seine Aufmerksamkeit zuzuwenden. Ursprünglich zeigen die Decken auf der unteren und oberen Abkühlungsfläche gewöhnlich starke Unterschiede gegen den mittleren Theil, indem letzterer meist eine homogene oder krystallinische Struktur, erstere dagegen eine mehr schlackige, blasige, poröse, manchmal auch glasige Ausbildung besitzen. In vielen Fällen ist sogar noch die direkte Oberfläche des Stroms zu beobachten, die völlig mit derjenigen der modernsten Lavaströme übereinstimmt und entweder als Fladen- oder als Schollenlava ausgebildet ist. Natürlich verschwinden solche Unterschiede am leichtesten auf der der Verwitterung ausgesetzten Deckenoberfläche. Die Beeinflussung des Nebengesteins ist natürlich auf die Unterlage der Decke beschränkt.

Ist nach der Ablagerung eines Deckenergusses die Sedimentbildung auch weiterhin vor sich gegangen, so sehen wir das Eruptivgestein als ein koordinirtes Glied einer Schichtenfolge eingeschaltet. In diesem Falle bieten sich der Beobachtung verschiedene neue Momente. Es ist festzustellen, ob die Schichten unter und über der Decke in einem und demselben Ablagerungs-

medium gebildet (isomesisch) sind, und ob dieses Medium Meerwasser, Süsswasser oder Luft war. Als Kriterien sind hierbei dieselben Umstände zu benützen, wie bei der Schichtenbestimmung im Allgemeinen. Es ist fernerhin zu prüfen, ob die Ablagerung der auf das Eruptivgestein folgenden Schichten kurze Zeit nach dem Ergusse erfolgte oder ob ein grösserer Zwischenraum dazwischen liegt. In dem ersten Falle wird das spätere Sediment die Lücken der unregelmässig gestalteten Oberfläche des Ergusses vollständig ausfüllen und mit demselben gewissermassen verzahnt sein, während im zweiten Falle diese obere Erstarrungskruste in den meisten Fällen einer Zerstörung anheimgefallen sein wird, so dass die weitere Sedimentbildung eine neue, ebenere, von der ursprünglichen durchaus verschiedene Auflagerungsfläche vorfand.

Wo immer man es mit exogenen Eruptivgesteinen zu thun hat, trachte man danach, in ihrer Nähe zugehörige lose vulkanische Produkte aufzufinden. Es wird dies um so eher gelingen, je geringer die Zeit ist, die seit der Bildung der Gänge und Decken verstrichen ist, je jünger also das vulkanische Gestein ist. Die jüngsten dieser Gebilde, d. h. die posttertiären, besitzen zum grossen Theil noch die zugehörigen Tuffmassen in einem solchen Umfange und in solcher Lagerung, dass man unschwer die alten vulkanischen Herde erkennen kann, während die älteren Vulkane des Tertiärs und früherer Formationen ihre Form durch Abtragung gewöhnlich so weit verloren haben, dass im Terrain keine Andeutung mehr davon vorhanden ist. Die am Aufbau des Vulkanes betheiligt gewesenen Tuffe können aber trotzdem noch in inniger räumlicher Verknüpfung mit den festen Eruptivmassen vielfach zu beobachten sein. Manchmal wird es bei Decken noch möglich sein, die Richtung der Fliessbewegung und die Lage des zugehörigen vulkanischen Herdes selbst dann noch einigermassen zu bestimmen, wenn nur noch kleine Reste einer einst ausgedehnten Decke vorhanden sind. Als Anhaltspunkt für solche Richtungsbestimmung kann die Lage von Blasenräumen resp. der aus ihnen durch Ausfüllung entstandenen Mandeln dienen, die fast immer in der Richtung der Fliessbewegung etwas in die Länge gezogen sind.

Die Untersuchung endogener Eruptivgesteine, also lakkolithartiger Intrusivmassen, die jetzt durch Abtragung der überlagernden Schichten an die Oberfläche der Erde gelangt sind, erfordert einen sehr hohen Grad von Uebung, Aufmerksamkeit und Scharfsinn. Es kommt vor allen Dingen darauf an, den Nachweis zu führen,

dass diese Gesteine in der That in den Verband präexistirender Schichten hineingequetscht sind. Da im Profile meist kein direkter Unterschied zwischen einer in ein Schichtensystem eingeschalteten Decke und einer in ein solches eingepressten Intrusivmasse besteht, so kommt es in erster Reihe darauf an, an anderen Unterschieden die jeweilige Entstehungsweise zu erkennen. Die wichtigsten dieser Unterscheidungen sind folgende:

1. Eine Intrusivmasse beeinflusst in gleichem Sinne die unter- und überlagernden Gesteine, eine Decke dagegen natürlich nur die Unterlage, da das Hangende ja zur Zeit ihrer Bildung noch nicht vorhanden war. Beobachtet man also eine der auf S. 108 und 109 angegebenen Erscheinungen der Kontaktmetamorphose oberhalb und unterhalb eines Eruptivgesteins, so kann man mit grosser Wahrscheinlichkeit auf eine Intrusivmasse schliessen.

2. Eine Intrusivmasse kann gangartige Ausläufer (Apophysen) in das Hangende und Liegende entsenden, eine Decke dagegen nur in das Liegende. Auch diese Unterscheidung erklärt sich auf das einfachste durch die Unterschiede der Entstehung.

3. Eine Intrusivmasse kann Stücke des im Hangenden folgenden Gesteins als Einschlüsse beherbergen, eine Decke dagegen nur solche aus älteren, liegenden Schichten. Findet man bei der Prüfung einer Einlagerung von Eruptivgestein das Zusammenauftreten oder Fehlen mehrerer dieser Punkte, so wird die Entscheidung, ob Intrusivmasse, ob Decke, nicht schwer fallen. Man könnte als weitere Unterscheidungsmerkmale noch hinzufügen, dass die Einschaltung von Tuffen in einer Schichtenfolge, in welcher ein analoges Eruptivgestein sich findet, gegen den Charakter desselben als Intrusivmasse und für seine Deckennatur spricht, da in der Begleitung intrusiver Massen niemals Tuffe auftreten können.

Wenn ein Eruptivgestein in räumlich sehr ausgedehnten Massen zu Tage tritt, wie vielerorten der Granit, so hat die Beobachtung, abgesehen von den bereits bei gangartigen Vorkommnissen genannten Punkten vor Allem sich darauf zu richten, ob in der meist recht gleichmässig struirten Gesteinsmasse sogen. Schlieren auftreten. Man versteht darunter an farbig marmorirte Seife erinnernde Partien, welche entweder nach ihrer Struktur oder nach ihrer mineralogischen Zusammensetzung oder nach beiden von der Hauptmasse des Gesteins stark abweichen, aber durch Uebergänge mit ihr verbunden sind. Es ist zu untersuchen, ob irgend welche Erscheinungen vorliegen, die eine sichere Beantwortung der Frage

gestatten, ob im vorliegenden Falle die Bildung der Schliere auf einer ursprünglichen Differenzirung des Magmas beruht, oder ob sie aufgelösten Einschlüssen anderer Gesteine zuzuschreiben oder auf Nachschübe eines etwas anders zusammengesetzten Magmas zurückzuführen ist.

An den Rändern derartiger ausgedehnter Eruptivgesteinsgebiete ist zu beachten, ob von der Hauptmasse aus sich Gänge abzweigen, die bisweilen weit in das Nebengestein hinein sich erstrecken, und es ist zu untersuchen, in welcher Weise die verschiedenartige räumliche Begrenzung die petrographische Beschaffenheit und die Struktur des Ganggesteines gegenüber dem Hauptgesteine verändert.

Es ist ferner an solchen Grenzen ausgedehnter Eruptivmassen auf die gewöhnlich sehr auffälligen und bis auf grosse Entfernung hin sich äussernden Einwirkungen des heissen von Flüssigkeiten und Gasen durchtränkten Magmas auf das Nebengestein zu achten.

Im Allgemeinen ist anzunehmen, dass diese Umwandelung der Nebengesteine unmittelbar an der Berührungsstelle mit dem Eruptivgesteine am grössten ist, nach den Seiten zu mit der Entfernung abnimmt und schliesslich verschwindet. Man hat zu versuchen, in einem solchen Kontakthof eine Gliederung nach dem Grade der Gesteinsumwandelung zu erkennen und kartographisch zum Ausdrucke zu bringen.

In manchen Fällen ist das Eruptivgestein nirgends zu Tage anstehend, sondern überall noch durch eine Decke kontaktmetamorphisch beeinflusster Gesteine verhüllt. Auch in diesem Falle kann man durch genaue Beobachtung der Verbreitung der letzteren und der Intensität der Umwandelung oftmals Schlüsse auf Lage, Grösse und Oberflächenform der Eruptivgesteinsmasse ziehen.

Kapitel 16.

Was ist auf geologischen Karten darzustellen?

Was ist auf geologischen Karten darzustellen? Diese für die Kartirung ausserordentlich wichtige Frage ist in manchen Punkten sehr einfach zu beantworten, während sie in anderen an den Scharfsinn und vor allen Dingen an das Taktgefühl des aufnehmenden Geologen ziemlich hohe Anforderungen stellt. Sie lässt sich in keiner Weise schematisch beantworten, sondern muss gewissermassen von

Fall zu Fall entschieden werden und ist nach einer Reihe von Gesichtspunkten, die nach den verschiedenen Gegenden wechseln, zu lösen.

Unter allen Umständen sind die Grenzen zwischen eruptiven und geschichteten Gesteinen darzustellen. Da, wo die Eruptivgesteine, wie in vielen Gängen, nur eine geringe Mächtigkeit besitzen, wird es oftmals nöthig sein, die Breite ihres Ausstreichens stark übertrieben darzustellen. So ist es beispielsweise ganz unmöglich, im Massstabe der Messtischblätter 1 : 25000 einen Basaltgang, der oftmals nur 1 m Mächtigkeit und darunter besitzt, in natürlicher Weise einzutragen, da schon eine dünne Linie auf der Karte eine grössere wirkliche Breite darstellt.

Bei den Sedimentärgesteinen ist die erste und hauptsächlichste Abgrenzung diejenige nach Formationen, wobei die obere und die untere Grenze einer jeden Formation auf der Karte zum Ausdruck zu bringen ist, und innerhalb der grossen Formationsgruppen wiederum sind die einzelnen Unterabtheilungen in derselben Weise nach oben und unten hin durch feste Grenzlinien in ihrer Verbreitung anzugeben. In unserem Vaterlande ist für alle Gebiete diese Gliederung nach Formationen und zum grossen Theil auch nach den Unterabtheilungen derselben so weit durchgeführt, dass der aufnehmende Geologe nur in seltenen Fällen in die Lage kommen wird, auf Grund neuer Beobachtungen von dem hergebrachten Schema abzuweichen und seine Grenze einer Formation nach oben oder unten etwas zu verlegen.

Die ältesten geologischen Karten wurden als geognostische oder mineralogische bezeichnet und gaben Grenzen, die ausschliesslich nach petrographischen Gesichtspunkten gezogen wurden. In derselben Weise muss der Geologe aber auch heute noch so lange arbeiten, als nicht durch Auffindung von Versteinerungen die genauere Altersstellung der betreffenden Schichten erkannt ist. So wurde auf jenen alten Karten beispielsweise das ganze paläozoische Schiefergebirge Ostthüringens, welches nach später gewonnener Erkenntniss die Formationen vom Kambrium bis zum Kulm umfasst, als ein einheitliches Gebilde dargestellt. Heute werden die geologischen Grenzen theils nach stratigraphischen, theils nach petrographischen, neuerdings mehr und mehr nach rein paläontologischen Gesichtspunkten gezogen. Auch die Gliederung innerhalb einer Formation in einzelne Stufen beruht in der Hauptsache auf den paläontologischen Befunden, während man in den Forma-

tionen, die ganz frei von Versteinerungen oder sehr arm daran sind, vorwiegend nach petrographischen und stratigraphischen Gesichtspunkten (Diskordanz oder übergreifende Lagerung) die Entscheidung darüber zu treffen hat, wo man mit einer Formation aufhört und eine neue beginnen lässt. Für die rein praktische Kartirungsarbeit tritt indessen der Gehalt einer Schicht an Versteinerungen in den Hintergrund. Man verfährt vielmehr so, dass man sich die kleinsten Einzelheiten jeder durch ihre Fossilienführung ihrer Altersstellung nach genau erkannten Schicht auf das Sorgsamste einprägt und bei ihrer weiteren Verfolgung vor allen Dingen nach den dadurch gewonnenen Gesichtspunkten verfährt. Natürlich ist bei einer solchen Methode auf das Genaueste zu beachten, ob nicht etwa in der horizontalen Verbreitung der Schicht ein Fazieswechsel eintritt.

Für die Frage nun, was innerhalb der einzelnen Stufen auf der Karte zum Ausdruck zu bringen ist, sind drei Gesichtspunkte massgebend.

1. Das petrographische Verhalten.
2. Die Fossilienführung.
3. Die technische Bedeutung.

1. Das petrographische Verhalten [1]: Wenn man einen grossen Schichtenkomplex vor sich hat, in welchem die einzelnen Schichten petrographisch übereinstimmen, so wird man in den meisten Fällen dieselben zu einem geologischen Ganzen zusammen zu fassen haben und auf der Karte erst da eine Grenze eintragen, wo eine neue Gesteinsreihe von abweichender Zusammensetzung beginnt. Eine Ausnahme in dieser Beziehung kann nur da eintreten, wo die Fossilienführung innerhalb dieses Komplexes klar erkennen lässt, dass man in demselben zwei oder mehr verschiedene auf einander folgende Stufen von geologisch verschiedenem Alter vor sich hat, in welchem Falle natürlich trotz der petrographischen Einheitlichkeit eine Grenze da zu ziehen ist, wo die Versteinerungen der einen Schicht aufhören und durch die einer anderen ersetzt werden. Ebenso hat man einen Schichtenkomplex einheitlich darzustellen, in welchem in kurzer Folge zwei oder mehr verschiedenartig entwickelte Gesteine so mit einander wechseln, dass es in Folge der geringen Mächtigkeit der einzelnen Bänke nicht möglich ist, im Massstabe der Karte diesen Wechsel zum Ausdruck zu bringen.

[1] Solche petrographisch verschiedene Ablagerungen, die zugleich technisch nutzbare Lagerstätten darstellen, sind unter 3. behandelt.

Wenn z. B. reine und thonige Sandsteine in ununterbrochener Folge über einander lagern, oder reine Kalksteine mit thonigen Kalksteinen oder Mergeln in inniger Wechsellagerung sich befinden, oder wenn Thone mit zahlreichen dünnen Gypslagen wechseln, oder wenn Sande zahlreiche dünne Grandbänkchen enthalten, sowie in allen ähnlichen Fällen wird man die betreffende Schichtenreihe in der Kartendarstellung zusammenfassen und die erkannte Wechsellagerung in der zugehörigen Farbenerklärung ausdrücken. Tritt dagegen in einer mehr oder weniger mächtigen Folge von gleichartigem Gestein an irgend einer Stelle eine Schicht auf, die sich durch ihre Zusammensetzung oder durch das Hinzutreten bestimmter Mineralien auffällig von den übrigen Gesteinen des betreffenden Komplexes unterscheidet, so wird man dieselbe auch in der Karte darzustellen haben und dies um so eher, wenn der betreffende Horizont eine weite Verbreitung besitzt und durch diesen Umstand dazu führen kann, die Lagerungsverhältnisse der betreffenden Schichtenfolge klarzustellen. Aber auch räumlich weniger ausgedehnte Gesteine derartig abweichenden Charakters wird man darstellen müssen, wenn dieselben durch überwiegende Ausdehnung im Streichen, oder durch mehrfach sich wiederholendes Auftreten in immer demselben Horizonte dazu dienen können, den geologischen Bau zum klareren Ausdrucke zu bringen.

Wir wollen nun im Folgenden die einzelnen Formationen von diesem Gesichtspunkte aus betrachten, bemerken aber ausdrücklich, dass die folgenden Ausführungen sich nur auf in Deutschland beobachtete Verhältnisse beziehen und auch da keine durchgängige Gültigkeit beanspruchen sollen, und dass die angegebenen, in der Karte auszusondernden Einlagerungen in keiner Weise den Stoff erschöpfen, sondern nur als charakteristische Beispiele dienen sollen. Für die genauere Gliederung der Formationen nach petrographischen und paläontologischen Gesichtspunkten sind die bekannten Lehrbücher einzusehen.

In der versteinerungsleeren archäischen Formation beruht die Darstellung auf der Karte ganz ausschliesslich auf petrographischen Unterschieden. Das Hauptgestein dieser Gruppe, der Gneiss, besitzt eine so mannigfache mineralogische und strukturelle Zusammensetzung, dass es nicht möglich ist, an dieser Stelle eingehend zu besprechen, welche Gruppen zusammen zu fassen sind, um so weniger, als fast in jedem Gneissgebiete die Aufeinanderfolge der petrographisch verschiedenen Gesteine wechselt. Dagegen enthält

die Gneissformation eine Reihe von Gesteinen, zumeist als linsenförmige Einlagerungen, die sich ausserordentlich von den gewöhnlichen Gneissen unterscheiden und auf der Karte auszuscheiden sind. Dahin gehören Gesteine wie der Serpentin, der Amphibolit, der Eklogit, der Olivinfels, der krystallinische Kalk, also Gesteine, die so auffällig sich von der einförmigen Gneissreihe unterscheiden, dass sie auf den ersten Blick und im kleinsten Stück sich als etwas Besonderes und Eigenthümliches erkennen lassen. Diese sind in sorgsamer Weise nach ihrer Begrenzung darzustellen, und dies um so mehr, als sie ein sehr wesentliches Hülfsmittel darstellen, den Bau der Gneissgebirge zu erkennen. Bei der Untersuchung der Gneissgebiete sind die verschiedenen Färbungen (rother und grauer Gneiss des Erzgebirges), die Struktur (ob flaserig, schuppig, körnig, mit „Augen“ versehen etc.), die Grösse der Gemengtheile (feinkörnig, grobkörnig, Riesengneiss), die mineralogische Zusammensetzung (Hornblende-, Dichroit-, Ein- und Zweiglimmergneiss etc.), kurz alle diejenigen Umstände zu beachten, die eventuell Beweispunkte für die vielumstrittene Frage nach der Entstehung der Gneissformation (ob eruptiv, sedimentär oder metamorph) beizubringen im Stande sind.

In der nächstjüngeren Abtheilung der krystallinischen Schiefer, einschliesslich des Kambrium, in welcher die Glimmerschiefer und Phyllite eine hervorragende Rolle spielen, treten ebenfalls eine Reihe von Gesteinen auf, die wegen ihrer von jenen gänzlich verschiedenen Beschaffenheit einer besonderen Darstellung würdig sind. Dahin gehören die Einlagerungen von Porphyroiden, von gneiss- und granitartigen Gesteinen, von Amphibolgesteinen, von graphitreichen Schiefern, von Quarzit, von Serizitschiefern und schliesslich von Kalksteinen und Dolomit. Uebrigens finden sich Gesteine vom Typus der Glimmerschiefer und Phyllite in manchen Gegenden, z. B. in den Zentralalpen, unter Verhältnissen (Lagerung und Versteinerungsführung), die es als sicher erscheinen lassen, dass sie durch Metamorphose aus verhältnissmässig jugendlichen (jurassischen) klastischen Sedimenten hervorgegangen sind, und man wird deshalb gut thun, auch in anderen Gebieten mit grosser Sorgfalt zu untersuchen, ob nicht doch etwa organische Reste vorkommen, die dann natürlich vom höchsten Werthe sind. Eine besondere Veranlassung zu einer solchen Prüfung wird man dann haben, wenn das Auftreten von Fleckschiefern oder Hornfelsen den Verdacht auf metamorphe Entstehung nahe legt, oder wenn sich womöglich Ein-

lagerungen von Gypsen finden, deren Auftreten in sehr alten Schichten höchst unwahrscheinlich ist. In solchen Fällen wird besonders das Auftreten von Kalkknotenschiefern, Kalkphylliten oder ähnlichen kalkreichen Gesteinen ein Sporn zu genauerer Prüfung auf organische Reste in denselben. (Vergl. auch hierüber das Kapitel über Aufsuchung von Versteinerungen.)

Die Silurformation besteht in der Hauptsache aus Sandstein, Thonschiefer, Grauwacken und Kalksteinen. In dieser Schichtenfolge, die nach wesentlich paläontologischen Gesichtspunkten in die einzelnen Abtheilungen der Silurformation zu gliedern ist, findet sich nun eine Reihe von Gesteinen als Einlagerungen oder als durchgehende Bänke, die wohl unterschieden werden müssen. Dahin gehören beispielsweise die Kieselschiefer, die Ockerkalke, die Quarzite, die Alaunschiefer und andere Gesteine.

Auch die Devonformation besteht in der Hauptsache aus Thonschiefer, Sandstein, Quarzit und Grauwacke. Daneben aber finden sich noch in verschiedenen Gebieten wechselnde Einlagerungen von Korallen- und Knollenkalken, Kalkknollenschiefern, Kramenzelkalken, Diabasbreccien, Schalsteinen, Porphyroiden, verkieselten Schiefern, die besonders darzustellen sind.

In der aus Konglomeraten, Sandsteinen, Grauwacken, Schieferthonen und Steinkohlen bestehenden Karbonformation treten als besonders auffällige Gesteine in der unteren Abtheilung stellenweise Kieselschiefer und Kalke auf, die in der Darstellung auszuscheiden sind.

Die Formation des Rothliegenden, die in der Hauptsache aus Konglomeraten, Sandsteinen und Schieferletten besteht, enthält eine ganze Reihe von anders gearteten und auszuscheidenden Gesteinen: dahin gehören die stellenweise in dieser Formation auftretenden Kohlenflötze, Thone, die reich sind an meist in Knollen auftretenden Kalken, Sandsteine, die eine grosse Menge von Feldspath oder Kaolin enthalten und als Arkosen bezeichnet werden, und reine Quarzsandsteine.

In der aus Kalksteinen, Dolomiten und Letten bestehenden Zechsteinformation sind es vor allen Dingen die Gypslager, die zelligen Rauchwacken, die Plattendolomite und die in der Zechsteinformation des Harzes als Gypsresiduen auftretenden, aus Dolomitkryställchen bestehenden sogen. „Aschen", die eine besondere Darstellung verlangen.

Das unterste Glied der Trias, der Buntsandstein, besteht

im Grossen und Ganzen in seiner unteren und mittleren Abtheilung aus gröberen oder feineren Sandsteinen und in seiner oberen aus sandigen und bisweilen mergeligen Letten. Neben diesen vorwaltenden Gesteinen aber finden sich eine Reihe von meist wenig mächtigen Gesteinslagen von abwechselnder Zusammensetzung, die gerade in dieser ausserordentlich eintönigen Formation von Bedeutung für die Gliederung und die Erkennung der Tektonik werden. Dahin gehören beispielsweise im unteren Buntsandstein des Harzgebietes die in einer oder mehreren Bänken auftretenden Lager von Rogenstein, ferner grobe, konglomeratische Bänke, sowie am Harz und an der Mosel Einlagerungen von Dolomiten. In dem meist aus thonigen Schichten bestehenden oberen Buntsandstein, dem Röth, finden sich Einlagerungen von Gypsen, Dolomiten und Kalksteinen.

Die mittlere Stufe der Trias, der Muschelkalk, besteht, wie schon der Name sagt, vorwiegend aus kalkigen Gesteinen, zu denen in der mittleren und oberen Abtheilung noch mächtig entwickelte Mergel treten. Als petrographisch verschiedene Gesteine werden in dieser Reihe die Schaumkalkbänke des unteren Muschelkalkes und die Gypslager und zuweilen die Zellenkalke des mittleren Muschelkalkes besonders unterschieden, wozu noch in dem als Muschelsandstein ausgebildeten unteren Muschelkalke Westdeutschlands leicht unterscheidbare Dolomitbänke treten.

Die obere Trias, der Keuper, besteht in der Hauptsache aus thonigen und mergeligen Gesteinen von geringer Widerstandsfähigkeit, in denen die anders beschaffenen Einlagerungen um so schärfer hervortreten und um so mehr besonders darzustellen sind, als sie für die Gliederung dieser sonst sehr eintönigen Formation eine grosse Bedeutung besitzen. Zu diesen Gesteinen gehören vor allen Dingen die in mehreren Horizonten auftretenden Sandsteine und Arkosen, ferner Gypslager und die aus ihrer Auslaugung entstandenen Residualbildungen, sodann Dolomite und eine Anzahl von Kalkbänken, die in dieser Formation im Allgemeinen als Steinmergel bezeichnet werden.

Im unteren Jura, im Lias, ist die Gliederung und damit die Eintragung der Grenzen fast ausschliesslich durch paläontologische Gesichtspunkte gegeben, wobei allerdings mit dem paläontologischen Wechsel oft zugleich ein petrographischer Hand in Hand geht. In Folge dessen sind in dieser Abtheilung besondere Gesteine nur wenig zum Ausdruck zu bringen. Dagegen verlangen im Lias und Dogger nach dem unter 3. entwickelten Gesichtspunkte manche Bildungen besondere Darstellung.

Der mittlere Jura oder Dogger, der aus Sandsteinen, Thonen, Mergeln und Kalksteinen besteht, ist ebenfalls wie der Lias nach rein paläontologischen Gesichtspunkten gegliedert und enthält nur selten besonders darzustellende, petrographisch abweichende Gesteine.

Dasselbe ist der Fall mit dem oberen Jura oder dem Malm, der in der Hauptsache aus Kalksteinen besteht und nur untergeordnet Kalkmergel und Dolomite führt, letztere oft als Schwammkalke oder Riffdolomite entwickelt.

Die Kreideformation besitzt in den verschiedenen Gebieten ihres Auftretens eine ausserordentliche mannigfache Zusammensetzung. Das Neokom und Wealden bestehen vorwiegend aus Thonen und Kalksteinen und führen örtlich Sandstein. Der Gault enthält dunkle Thone und Mergel ebenfalls mit Sandsteinen und schliesst nach oben hin im Harzgebiete mit hellem, dunkel geflammten Mergel, dem sogen. Flammenmergel, ab. Im Cenoman findet sich eine grosse Mannigfaltigkeit von Gesteinen: in Westfalen glaukonitische Sandsteine, Thone und Mergel, nördlich vom Harze thonige Kalke und Kalksteine, im Königreich Sachsen und in Böhmen vorwiegend Sandsteine. Das Turon besteht im nordwestlichen Deutschland ebenfalls aus kalkreichen Mergeln und Kalksteinen, während es in Sachsen und Böhmen in seinem unteren Theile Sandstein, im oberen Kalk und Mergel führt. Das Senon wird in Norddeutschland von der Schreibkreide, in der Gegend von Aachen aus glaukonitischen Sanden und eigenthümlichen „Kreidetuffen“, in Westfalen aus Mergel und Sandstein, in Sachsen und Böhmen im unteren Theile aus Mergel, im oberen aus Sandstein, im Harzgebiete ebenfalls aus Mergel und Sandstein zusammengesetzt. Die Gliederung der ganzen Formation erfolgt wesentlich nach der Fossilienführung, wobei der ungemein häufige Fazieswechsel besondere Sorgfalt beansprucht.

Von den Gliedern der Tertiärformation besitzt in Deutschland das Eozän nur eine äusserst geringe Verbreitung im Elsass und in den Alpen und kann deshalb hier übergangen werden. Die übrigen Abtheilungen des Tertiärs werden bei der kartographischen Darstellung nach zwei verschiedenen Gesichtspunkten behandelt. In der einen Gruppe, bei dem marinen Tertiär, ist die Gliederung in der Hauptsache auf die Fossilienführung basirt, während in den an organischen Resten armen Ablagerungen der sogen. Braunkohlenformation, des Oligozän und Miozän vorwiegend petrographische und

stratigraphische Momente zu berücksichtigen sind. Diese an versteinerungsführenden Schichten sehr armen Ablagerungen setzen sich zusammen aus Quarzsanden in allen Korngrössen bis zur Staubfeinheit herunter, gröberen Quarzkiesen, Thonen in allen Uebergängen von den fettesten bis zu den magersten und den Braunkohlen selbst. Wenn die einzelnen Glieder eine bedeutende Mächtigkeit erlangen, so dass sie eine gesonderte Darstellung in der Karte zulassen, so sind sie zu unterscheiden. Tritt aber ein häufiger Wechsel zwischen Sanden und Thonen ein, wobei die einzelnen Schichten nur eine geringe Mächtigkeit besitzen, so ist der betreffende Komplex im Allgemeinen zusammen zu fassen und ein einzelnes Glied desselben nur dann nach seiner räumlichen Erstreckung abzugrenzen, wenn es in Folge der horizontalen Lagerung und des ebenen Terrains einen grösseren Oberflächenraum einnimmt.

Das an Versteinerungen in den meisten Fällen so ausserordentlich arme Diluvium ist nach rein petrographischen und stratigraphischen Gesichtspunkten zu gliedern, und bei der meist horizontalen Lagerung desselben ist es möglich, auch geringer mächtige Schichten in ihrer Oberflächenverbreitung oder in ihrem Ausstreichen an Thalrändern zur Darstellung zu bringen. Die Hauptgliederung des Diluviums, soweit es im Bereiche der Verbreitung eiszeitlicher Gletscher liegt, ist gegeben nach der Entstehung der einzelnen Schichten unter dem Eise (Grundmoränen), am Rande desselben (Endmoränen) oder durch die Schmelzwasser des Eises in Seen und Flüssen (fluvio-glaziale Bildungen) und im letzteren Falle ist zu unterscheiden, je nach der Korngrösse des betreffenden Sedimentes, zwischen Thonen, Mergelsanden, Sanden, Granden und Geröllablagerungen, sowie, nach dem Absatzorte aller dieser Bildungen, zwischen solchen der Hochflächen, der Thäler und alten Seebecken. Dazu kommt noch der durch äolische Umlagerung entstandene weit verbreitete Löss. Besonders auszuscheiden sind innerhalb der Diluvialablagerungen solche Schichten, die in der Periode zwischen zwei Eiszeiten entstanden sind, wie Kalktuffe, Süsswasserkalke, Diatomeenlager und Torflager, Sedimente, die durch ihre organischen Reste in den meisten Fällen ihre unter anderen klimatischen Verhältnissen erfolgte Ablagerung verrathen. Dabei ist zwischen marinen und Süsswasserbildungen zu unterscheiden.

Die Grenzenziehung innerhalb der alluvialen Schichten hat ausschliesslich nach petrographischen Gesichtspunkten zu erfolgen. Die grosse Mannigfaltigkeit der hierher gehörenden jüngsten Bil-

dungen kann man zweckmässig nach dem vorwaltenden Gebilde in eine Anzahl von Gruppen eintheilen; nämlich in

1. humose (Grünlandtorf, Moostorf, Moorerde, Moormergel),
2. kalkige (Kalktuff, Wiesenkalk),
3. thonige (Schlick, Wiesenthon, Wiesenlehm),
4. sandige (Flugsand, Flusssand, Seesand, Strandsand),
5. eisenreiche (Raseneisenstein, Ortstein, Vivianit) und
6. aus organischer Kieselsäure bestehende (Diatomeenerde).

2. Fossilienführung: Abgesehen davon, dass die ganze Gliederung der Gesteine von den ältesten paläozoischen Bildungen bis zu den jüngsten auf dem Wechsel der thierischen und pflanzlichen Lebewesengesellschaften basirt ist, kommen für die Kartendarstellung noch eine Reihe von Schichten in Betracht, die durch das vorwaltende Auftreten eines einzelnen Geschöpfes oder weniger Arten so vortrefflich charakterisirt sind, dass sie es verdienen, als auffällige, leitende, und leicht zu findende Horizonte in der Karte besonders dargestellt zu werden. In vielen Fällen sind vom paläontologischen Gesichtspunkte aus auch kleine, linsenförmige Einlagerungen in der Kartendarstellung wiederzugeben, wenn dieselben durch Reichthum an Petrefakten sich auszeichnen, oder womöglich die einzigen Träger von solchen in einer sonst versteinerungsleeren Schichtenreihe sind, oder auch dann, wenn dieselben versprechen, bei genauerer, dem kartirenden Geologen oft nicht möglicher Durchforschung Petrefakten, und damit Anhaltspunkte für die Altersbestimmung, zu liefern. Es gehören dahin im thüringischen Kambrium die durch das häufige Auftreten eines Tanges gekennzeichneten Phycodenschichten, in der Silurformation die durch ihren hervorragenden Reichthum an Graptolithen ausgezeichneten Thonschiefer oder Kieselschiefer und die Orthocerenkalke. In der Devonformation sind es vor allen Dingen die entweder als mächtige Schichtenfolge oder als minder mächtige Einlagerungen innerhalb der Schieferthone auftretenden Kalke mit einer an Brachiopoden, Cephalopoden oder Crinoiden reichen Fauna, Schichten, die allerdings auch petrographisch sich schon scharf von den übrigen Gesteinen unterscheiden, ferner die Tentakulitenschichten und die korallenreichen, oft in Riffform auftretenden Kalke. Im Rothliegenden ist es vor allen Dingen ein an Fischresten reicher Horizont im mittleren Rothliegenden, der durch seine weite Verbreitung und seine Bedeutung für die

Gliederung der Formation ebenfalls besondere Darstellung in der Karte erheischt.

In der Zechsteinformation sind nach diesem Gesichtspunkte die durch die Thätigkeit von Bryozoen gebildeten Dolomitriffe gebührend hervorzuheben.

Im Buntsandstein sind zwei durch ihre organischen Reste gekennzeichneten Schichten, da wo sie auftreten, auch darzustellen: einmal die Chirotheriensandsteine (auch wegen ihrer technischen Bedeutung als Bausteine) mit ihren auffälligen Fährtenabdrücken fossiler Wirbelthiere und sodann die Myophorienbänke im Röth.

Im unteren Muschelkalke verdient die Terebratelbank durch ihre räumliche Ausdehnung und die gewaltige Masse der in ihr sich findenden Schalen von Terebratula vulgaris besondere Hervorhebung. In derselben Weise tritt zuweilen Lima lineata und Spiriferina fragilis in Mengen auf, und fast durch den ganzen deutschen Muschelkalk hindurch lässt sich an der Basis der oberen Abtheilung desselben eine ausserordentlich harte Kalkbank von wenigen Metern Mächtigkeit unterscheiden, die fast ganz und gar aus den Stielgliedern von Crinoiden besteht und als Trochitenkalk bezeichnet wird.

In der Keuperformation wären von diesem Gesichtspunkte aus die Estherienbänke und der Semionotus-Sandstein, im Rhät die Schichten mit der Avicula contorta und das aus einer grossen Menge von Fisch- und Saurierresten gebildete sogen. Bonebed hier anzuführen.

Da in der ganzen Kreide- und Juraformation die Gliederung und damit also auch die Schichtenbegrenzung ganz ausschliesslich auf paläontologischen Gesichtspunkten beruht, so werden in diesen Formationen eigentlich nur durch ihre Fossilienführung charakterisirte Glieder ausgeschieden.

Aehnlich liegen die Verhältnisse in denjenigen Gebieten, in denen das marine Tertiär zur Entwickelung gelangt ist. Hier sind es (Mainzer Becken und Hessen) vor allen Dingen Conchylien aus den Gattungen Littorinella, Corbicula, Cerithium und Cyrena, die für die Gliederung und kartographische Darstellung massgebende Bedeutung erlangt haben.

Im Diluvium beschränkt sich die paläontologische Charakteristik der Schichten auf die bereits durch ihre petrographischen Unterschiede auffälligen interglazialen Bildungen und im Alluvium wird

nur eine besondere Häufung von Meer- und Süsswasserconchylien in irgend einer Schicht gelegentlich mit zum kartographischen Ausdrucke gelangen müssen.

3. Technische Bedeutung: In den weitaus meisten Formationen finden sich Gesteine, die als Baumaterialien verwendbar sind. Da eine derartige Benutzung im Grossen und Ganzen durch die petrographische Beschaffenheit des Gesteins bedingt ist, so werden diese Gesteine bereits bei der Eintragung der Schichten von diesem Gesichtspunkte aus zu ihrem Rechte kommen. Es giebt indessen eine Reihe von Fällen, in denen unter sonst petrographisch gleichen Gesteinen sich eine mehr oder weniger mächtige Folge technisch vortheilhaft durch irgend welche Vorzüge, grössere Mächtigkeit der Schicht, grössere Härte oder grosse Widerstandsfähigkeit gegen die Atmosphärilien, oder durch günstige Absonderungsverhältnisse unterscheidet, und der Geologe wird auf diesen Punkt sorgsam Rücksicht zu nehmen haben und eventuell für den Steinbruchbetrieb wichtige Gesteine besonders darstellen. Es gehören in diese Rubrik beispielsweise dickbankige Kalke, die von hohem Werthe als ornamentale Bausteine werden können, wenn sie im bearbeiteten Zustande durch die Schönheit ihrer Farben oder durch ihre Gleichmässigkeit des Gefüges und daraus resultirende Politurfähigkeit sich auszeichnen; ebenso treten in vorwiegend aus Sand aufgebauten Gebirgen neben losen, bröckeligen, dünnplattigen Sandsteinen auch Lagen auf, in denen die einzelnen Bänke mächtiger werden und ein hochgeschätztes Baumaterial abzugeben vermögen, wie beispielsweise im mittleren Buntsandstein und in den Sandsteinfazies mancher jüngerer Formationen. Selbst in der geologischen Nomenklatur gelangen solche Beziehungen zum Ausdruck in Namen wie „Bausandstein“ und „Werksteinkalk“. Andererseits kann der Mangel verkittenden Materials manche Schichten in daran armen Gegenden zu einer Fundgrube für losen Sand zu Bauzwecken machen. Hierher gehört auch die Aussonderung von solchen Gesteinskomplexen, die in Folge der transversalen Schieferung ein werthvolles Material für Bau- und andere Zwecke in Form von Schieferplatten liefern, oder bei griffelförmiger Absonderung (sogen. Griffelschiefer) zu Schieferstiften verarbeitet werden können, Gesteine, die in der Hauptsache auf die paläozoischen Formationen beschränkt sind.

Noch mancher andere Fall technischer Nutzbarkeit bestimmter

Schichten ist hier anzuführen: das Auftreten von Kaolinlagern im bunten Sandstein, Tertiär und in Gebieten, wo Porphyre eine oft tiefgreifende Zersetzung erfahren haben; das Vorkommen von Thonen in allen Stadien der Feuerfestigkeit, von Walkerde, Schotter für Wegebauzwecke, Thone, Mergel und Kalke für Zementfabrikation, Lager von Gyps, Phosphaten und Mergeln für landwirthschaftliche Zwecke, zu Mühlsteinen geeignete Porphyre und andere Gesteine und mancherlei anderes. Umgekehrt verdienen auch irgendwie schädlich in einen Betrieb eingreifende Ablagerungen Beachtung, wie die Ortsteinbildungen im Diluvium und Alluvium, die Ablagerungen von dem den Bergbaubetrieb störenden oder hindernden Schwimmsand u. a. m.

Noch viel wichtiger aber ist es, wenn in einer Formation einzelne Glieder auftreten, welche Gegenstand bergbaulicher Ausbeutung sind. In solchen Fällen ist es Pflicht des Geologen, dieselben in ihrer räumlichen Erstreckung mit grösster Sorgfalt festzustellen und die Grenze ihrer Verbreitung in der Karte einzutragen. Es mag ausdrücklich betont werden, dass hier nur von solchen Lagerstätten die Rede ist, welche als gleichartige Glieder dem Schichtenverbande eingelagert sind und in derselben Weise wie die anderen Glieder dieser Formation mit der Erdoberfläche zum Schnitte gelangen. Auf die andersartigen Vorkommnisse nutzbarer Lagerstätten und ihre Darstellung wird an einer anderen Stelle dieses Buches Bezug genommen werden. Wir wollen auch nach diesem Gesichtspunkte die einzelnen Formationen von den ältesten bis zu den jüngsten betrachten, wobei auch hier wieder bemerkt werden mag, dass diese Darstellung in keiner Weise das Thema erschöpfen, sondern nur eine Reihe von Beispielen bringen soll.

In der archäischen Formation finden sich in manchen Gebieten Zonen, in welchen die Gesteine oft in ausserordentlicher Längserstreckung und bedeutender Breite mit Schwefelkies, Kupferkies und anderen Sulfiden durchsetzt sind, Zonen, die gewöhnlich unabhängig vom Streichen der Schichten verlaufen und als „Fahlbänder“ bezeichnet werden. Wenn auch bedeutungslos für die Tektonik des Gebietes sind diese Vorkommnisse doch von hoher technischer Wichtigkeit und in den meisten Fällen Anlass zu ausgedehntem Betriebe, so dass sie auf einer geologischen Karte durchaus zur Darstellung zu bringen sind.

Während im Kambrium erzreiche Schichtenglieder fast gar nicht auftreten, findet sich im Silur ein derartiger Horizont, und

zwar im Thüringer Walde, wo er eine ziemliche Verbreitung besitzt. Es ist das die sogen. Thuringitzone des unteren Silurs, in welcher das eisenreiche Mineral Thuringit, sowie aus der Umwandlung desselben hervorgegangenes Magneteisen und oolithische Rotheisenerze eine bedeutende Rolle spielen.

Aus der Devonformation wäre das mächtige Lager von Schwefelmetallen zu nennen, welches im Harze den Goslarer Schiefern eingelagert ist und zu dem uralten Bergbau im Rammelsberge Veranlassung gegeben hat. Aber auch anderwärts finden sich in dieser Formation oolithische, dichte oder kalkige Roth- und Brauneisenerze, beispielsweise im Nassauischen, die dort meistentheils in inniger Beziehung zu den diabasischen Eruptivgesteinen stehen.

Im Karbon sind es vor allen Dingen die Steinkohlenflötze, welche durch ihre eminente praktische Bedeutung eine eingehende Darstellung verdienen, aber neben ihnen finden sich in mehreren Kohlenrevieren auch noch linsenförmige Lager von thonigen Sphärosideriten, die oft so dicht gedrängt in den Schiefern liegen, dass sie einen Abbau lohnend machen, oder womöglich mit den Kohlenflötzen selbst in eigenthümlicher Weise vergesellschaftet sind und dann den sogen. Kohleneisenstein bilden, ein Eisenerz, welches in deutschen und ausserdeutschen Vorkommnissen eine ausserordentlich blühende Eisenhüttenindustrie veranlasst hat.

Im Rothliegenden sind es wesentlich die in mehreren Verbreitungsgebieten dieser Formation beobachteten Kohlenflötze, die zu bergbaulichem Betriebe Veranlassung gegeben haben und in Folge dessen kartographisch hervorzuheben sind.

An der Basis der Zechsteinformation liegt das gewöhnlich nur einige Dezimeter, selten über 1 m mächtige Kupferschieferflötz, welches durch seine ausserordentlich gleichmässige Führung geschwefelter, silberhaltiger Metalle zu ausgedehntem Bergbau Veranlassung gegeben hat und trotz seiner geringen Mächtigkeit in der geologischen Karte unter Umständen mit Uebertreibung des Massstabes auszudrücken ist. Die zweite ebenso wichtige, nutzbare Ablagerung dieser Formation, das Steinsalz, und vor Allem die mit demselben vergesellschafteten kalireichen Abraumsalze sind in Folge ihrer leichten Löslichkeit ungeeignet, an der Erdoberfläche zum Ausstriche zu gelangen und erheischen deshalb wie die ähnlichen Vorkommnisse anderer Formationen eine besondere Art der Darstellung, auf die weiterhin eingegangen werden wird.

Aus dem Buntsandstein sind hier in erster Reihe jene merk-

würdigen Ablagerungen zu nennen, in denen in der Rheinprovinz bei Commern und Mechernich vorwiegend Bleiglanz, aber daneben auch Kupfererze in kleinen bis erbsengrossen Knoten in solcher ungeheuren Menge auftreten, dass diese Sandsteine eine der wichtigsten Bleierzlagerstätten Deutschlands darstellen. Aber auch in anderen Horizonten des Buntsandsteins finden sich derartige Anreicherungen von Erzen, wenn auch nicht in solchem Umfange, wie beispielsweise die Kupfererze im Voltzien-Sandstein des Röth an der Mosel und die Imprägnationen von Kupferglanz und Malachit im Buntsandstein der Provinz Hannover.

Von Erzlagern des Muschelkalkes sind an dieser Stelle die Zink- und Bleierze Oberschlesiens zu nennen, die allerdings nicht mit den betreffenden Schichten gleichzeitig entstanden, sondern in später gebildeten Hohlräumen derselben nachträglich abgelagert sind, aber doch einen weit verbreiteten und technisch ausserordentlich wichtigen Horizont in dieser Formation bezeichnen.

Die geringmächtigen, erzführenden Steinmergelbänke des Keupers werden, weil nicht von technischer Bedeutung, noch an anderer Stelle erwähnt werden. In der Liasformation treten mehrere mächtige Flötze oolithischen Eisensteins im nordwestlichen Deutschland auf und ganz ähnliche Oolithe finden sich als Grundlagen wichtigen und ausgedehnten Bergbaues im mittleren Jura von Württemberg, Lothringen und Luxemburg.

Auch der weisse Jura enthält technisch wichtige Bildungen, nur dass dieselben keine Erze darstellen, sondern Imprägnationen mergeliger Kalke mit bituminösen Substanzen; es sind das die sogen. Asphaltkalke, die im nordwestlichen Deutschland in der Umgegend von Hannover und in der Hilsmulde an mehreren Orten zur Fabrikation von Asphalt als Strassenbaumaterial dienen.

Im Neokom liegt ein mächtiges Eisensteinlager in der Gegend von Salzgitter, im Wealden sind in den Wesergebirgen abbauwürdige, eigenthümlich zusammengesetzte Kohlenflötze in die Sandsteine dieser Formation eingeschaltet. In den jüngeren Gliedern der Kreide aber fehlen derartige Ablagerungen. Dagegen besitzt die Tertiärformation in den ausserordentlich wichtigen und über enorme Flächenräume verbreiteten Braunkohlenflötzen Schichtenglieder von hoher wirthschaftlicher Bedeutung. Auch die „blaue Erde“ des Samlandes wäre hier noch zu nennen, die durch ihren grossen Reichthum an Bernstein in jüngster Zeit zu bergbaulichem Betriebe Veranlassung gegeben hat, nachdem vorher schon durch

drei Jahrtausende hindurch, von den Zeiten der Phönizier an, das aus seiner ursprünglichen Lagerstätte durch die Thätigkeit des Meeres ausgewaschene, als Schmuckmaterial so begehrte Baumharz ausgebeutet worden ist. Auch zahlreiche Thonlager (manchmal von grosser Feuerfestigkeit) und sehr reine, zur Glasfabrikation geeignete Quarzsande treten an vielen Orten in dieser Formation auf.

Das Diluvium enthält, abgesehen etwa von den geringwerthigen Flötzen interglazialen Torfes, keine bergbaulich nutzbaren Ablagerungen, während im Alluvium in weiten Gebieten Nordeuropas der Torf als billiges und leicht zu werbendes Feuerungsmaterial von hoher Bedeutung ist. Ausserdem finden sich im Diluvium und Alluvium noch Ablagerungen der so vielseitig verwendbaren Diatomeenerde, und von Erzen in der letztgenannten Formation die sogen. Sumpf- oder Raseneisensteinlager, die in manchen Gebieten, beispielsweise in der Lausitz, Gegenstand der Gewinnung und Verhüttung geworden sind.

Mit dem Gesagten ist aber bei weitem noch nicht erschöpft, was auf einer geologischen Karte zum Ausdruck zu bringen ist. Es kommen vielmehr dazu noch eine ganze Reihe von einzelnen Beobachtungen, die entweder für die Erkennung des geologischen Baus oder für die Entstehung und Umbildung der Gesteine von Bedeutung sind. In erster Reihe sind hier diejenigen Erscheinungen zu nennen, die man im Allgemeinen als Kontaktmetamorphose bezeichnet und worunter man alle diejenigen Einwirkungen begreift, die glühende Eruptivgesteine auf die von ihnen durchbrochenen oder ihnen benachbarten Sedimentärgesteine ausgeübt haben. Es ist im 15. Kapitel aus einander gesetzt worden, welcher Art diese Umwandlung von Sedimentärgesteinen ist und wie dieselbe mit zunehmender Entfernung von dem beeinflussend wirkenden Eruptivgestein abnimmt. Bei der geologischen Kartirung ist darzustellen einmal der Grad der Intensität der Umwandlung und zweitens die gesammte Ausdehnung, innerhalb deren die Gesteine die Spuren dieses Einflusses noch zeigen. Da diese Erscheinungen an der unmittelbaren Berührungsstelle am stärksten entwickelt sind und von dieser aus nach den Seiten hin sich allmählich abschwächen, so ist die Grenzenziehung zwischen den einzelnen Phasen der Umwandlung keine scharfe, sondern es muss dem geologischen Taktgefühl überlassen bleiben, auf Grund des allgemeinen Habitus und des Auftretens bestimmter Erscheinungen diese sogen. Kontakthöfe einigermassen zu gliedern.

Eine andere Erscheinung ähnlicher Art, die aber nicht auf die Einwirkung gluthflüssiger Eruptivgesteine, sondern auf physikalische und chemische Veränderungen in Folge gewaltigen, bei der Gebirgsbildung und beim Faltenwurfe ausgeübten Druckes zurückzuführen ist, ist die sogen. Dynamometamorphose der Gesteine, deren Ergebnisse denjenigen der Kontaktmetamorphose petrographisch ähnlich werden können und wie diese sich durch einen hohen Grad von Krystallinität und durch die Ausscheidung zahlreicher oft sehr augenfälliger Silikatmineralien äussern. Auch diese Erscheinung ist, wenn möglich, in ihrer Verbreitung und Intensität in der Kartendarstellung zum Ausdruck zu bringen.

Eine andere Gruppe von Erscheinungen betrifft das Auftreten gewisser seltener Mineralien in bestimmten Zonen eines Gesteins. Als Beispiel mögen hier die Wieder Schiefer des Harzes genannt sein, die in einer bestimmten Zone des Südharzes von zahlreichen karpholithführenden Quarztrümern durchsetzt sind und in Folge der weiten horizontalen Verbreitung dieser Erscheinung aus derselben Schlüsse auf die Tektonik des Gebirges zulassen. Als weiteres Beispiel können die dünnen Steinmergelbänke im Keuper bezeichnet werden. Eine derselben, die sogen. Lehrbergschicht, ist durch das Auftreten von Kupferkies, Malachit und Kupferlasur, eine andere, ebenfalls sehr verbreitete Bank durch ihre Bleiglanzführung bemerkenswerth.

Neben den zu Tage ausstreichenden Ablagerungen, welche Gegenstand des Bergbaus sind, müssen auf einer geologischen Karte auch alle diejenigen nutzbaren Lagerstätten zum Ausdruck gebracht werden, die unter Tage auftreten, soweit dieselben durch Bohrungen oder durch bergbauliche Betriebe bekannt sind, und ebenso natürlich auch diejenigen Lagerstätten, die sich nicht als gleichartige Glieder in den Schichtenverband einfügen, sondern in Form von Gängen die übrigen Schichten durchsetzen und zu Tage ausstreichen. In welcher Weise alle solche Gänge, Lager, Flötze, Imprägnationszonen u. s. w. in der horizontalen Projektion der Karte zum Ausdruck gelangen, wird in Kapitel 26 aus einander gesetzt werden.

Ein weiterer Gegenstand der Kartendarstellung ist das Vorkommen von Versteinerungen. Wenn eine Schicht in ihrer gesammten Oberflächenverbreitung gleichmässig Versteinerungen führt, so wird man dies auf der Karte nicht besonders zur Darstellung bringen; wenn aber Versteinerungen, wie dies in vielen Schichten

der Fall ist, auf einzelne für ihre Erhaltung besonders günstige Stellen beschränkt sind, so ist es in hohem Masse wünschenswerth, dass solche Punkte sofort aus der Karte ersichtlich sind, und man bedient sich zu diesem Zwecke bestimmter konventioneller Zeichen, die in der Zusammenstellung am Schlusse dieses Kapitels, soweit sie auf deutschen Karten benützt werden, kurz dargestellt und erklärt sind.

Ausser dem bereits Angeführten sind in Gebieten ehemaliger Vergletscherung noch eine Anzahl von Erscheinungen auf einer sorgfältig ausgeführten geologischen Karte anzugeben. Wo eine Insel älteren festen Gesteins im Gebiete der Glazialbildungen auftritt, ist bisweilen die Oberfläche des älteren Gesteins mit parallel verlaufenden Kritzen versehen, während gleichzeitig die Gesteinsoberfläche durch die darüberhin bewegte Grundmoräne abgescheuert, geglättet und gleichsam polirt ist. Derartige sogen. Glazialschliffe werden durch ein konventionelles Zeichen (siehe Erklärung geologischer Zeichen) ausgedrückt. Eine andere Erscheinung, die ebenfalls mit der ehemaligen Vergletscherung zusammenhängt, ist das Auftreten sogen. Riesenkessel oder Gletschertöpfe im anstehenden Gestein, wofür das Symbol an derselben Stelle angegeben ist. Durch eine in der Kartendarstellung gut hervortretende Linie ist die äussere Grenze des Gebietes zu bezeichnen, über welche sich eine ehemalige Vergletscherung erstreckt hat. Wo die Spuren einer solchen sehr stark verwischt sind, wo die Erosion die etwa abgelagerten Grundmoränen wieder vollständig zerstört hat, bleiben als letzte Zeugen die grossen Gesteinsblöcke der Grundmoräne liegen, die durch ihren von den Gesteinen der Umgegend völlig abweichenden Charakter sich als Fremdlinge, als erratische Blöcke zu erkennen und die letzten Andeutungen für das ehemalige Vorhandensein von Inlandeis über dem betreffenden Gebiete geben. Gerade in den Grenzgebieten einer Vergletscherung ist es nöthig, diese letzten Spuren auf der Karte in übertriebener Weise anzugeben, wozu man sich einfarbiger liegender oder stehender farbiger Kreuzchen bedient. Aber auch innerhalb derjenigen Gebiete, in denen die Glazialablagerungen noch wohlerhalten sind, wird man bisweilen es für nöthig finden, das Auftreten bestimmter Geschiebe anzugeben, wenn diese durch ihre Anordnung auf die Bewegungsrichtung des Eises in dem betreffenden Gebiete Schlüsse zulassen. So schliesst sich an die Aufragungen älterer Gesteine innerhalb glazialer Sedimente oft schweifartig eine Zone von Geschieben des

betreffenden durchragenden Gesteins an, die durch ihre Längenerstreckung, eventuell in Verbindung mit der Richtung der Glazialschliffe, zu wichtigen Schlussfolgerungen über die Bewegungsrichtung des Eises führen kann. Dasselbe ist der Fall, wenn von weither transportirte Geschiebe in einer bestimmten Zone eine solche Häufung zeigen, dass man zu dem Schlusse berechtigt ist, es handle sich hier um eine erst in weiter Entfernung von ihrer ursprünglichen Lagerstätte zertrümmerte grosse Scholle, deren einzelne Bruchstücke in ihrer räumlichen Verbreitung gleichfalls einen Schluss auf den Weg zulassen, den das mit diesen Schollentrümmern belastete Eis zurückgelegt hat. Als Beispiel kann hier auf die enorme Massenhaftigkeit nordischer silurischer Kalksteine bei Sadewitz in Schlesien und auf eine Zone gleich alter Kalksteine auf der Hochfläche westlich von Königs-Wusterhausen bei Berlin hingewiesen werden.

Zum Schlusse möge noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass auch bei der Darstellung alluvialer und diluvialer Flussablagerungen eine Unterscheidung nach der Heimath der in der betreffenden Ablagerung auftretenden Gesteine von grossem Nutzen für die Entzifferung ehemaliger Flussläufe sein kann. Es trifft dies besonders zu für die hügeligen Gebiete zwischen den deutschen Mittelgebirgen und dem Verbreitungsgebiete der norddeutschen Glazialablagerungen. Es ist eine für manche dieser Gebiete sicher festgestellte, für viele aber erst gewissermassen gemuthmasste Erscheinung, dass ebenso wie in Norddeutschland auch hier das Flussnetz während der Diluvialzeit ganz ausserordentlich verschieden war von dem heutigen; und eine Darstellung der verschiedenen Schotter nach bestimmten in ihnen auftretenden, nach ihrer Heimath wohlbekannten Gesteinen ist der einzige Weg, auf dem man über diese wissenschaftlich so sehr wichtige Frage zu einer gewissen Klarheit gelangen kann. Die sorgsame Untersuchung und kartographische Darstellung dieser Erscheinung im Diluvium des Königreichs Sachsen seitens der dortigen geologischen Landesanstalt hat uns ein ausserordentlich klares Bild von dem alten diluvialen Laufe der Elster, Mulde, Pleisse und Saale geliefert und es ist vorauszusetzen, dass in anderen Gebieten ähnliche überraschende Stromverlegungen sich auf diesem Wege werden nachweisen lassen.

Alles, was wir bis jetzt besprochen haben, bezieht sich auf Kartenaufnahmen im Massstabe 1 : 25 000 oder darunter. Wendet man einen kleineren Massstab an, d. h. stellt man dasselbe Gebiet

auf einer kleineren Fläche dar, so ergiebt sich naturgemäss eine Einschränkung des Dargestellten, die um so grösser wird, je kleiner die Fläche und je geringer damit die Möglichkeit wird, bestimmte Einzelheiten auf derselben auszudrücken. Dieselben Gesichtspunkte sind massgebend, wenn es sich darum handelt, aus einer Reihe von Aufnahmen in grösserem Massstabe ein Kartenbild in kleinerem als Uebersicht zusammen zu stellen. Diese Einschränkungen aber dürfen nicht willkürlich vorgenommen werden, sondern müssen nach ganz bestimmten Gesichtspunkten erfolgen, wobei die umgekehrte Reihenfolge massgebend ist, die wir oben für das auf Karten Darzustellende festgelegt haben. Die Grenzen zwischen Eruptivgesteinen und geschichteten Gesteinen sind so weit wie möglich festzuhalten, und selbst kleinere Durchbrüche von ersteren sind eventuell mit Uebertreibung ihrer Dimensionen auch bei kleineren Massstäben noch zum Ausdrucke zu bringen, wenn sie entweder ein isolirtes Vorkommen betreffen, oder die letzten Ausläufer einer weit ausgedehnten Eruptivzone bilden (Basalt der kleinen Schneegrube im Riesengebirge). Dagegen wird man da, wo Eruptivgesteinsgänge oder Decken in grosser Zahl bei einander auftreten nur die wichtigsten noch darstellen oder, wenn sie gleichwerthig sind, schematisch den einen oder andern in der Karte wiedergeben. Ebenso bleiben selbstverständlich die grossen Grenzlinien zwischen den einzelnen Formationen bei jeder Verkleinerung des Massstabes bestehen, während für das innerhalb der einzelnen Formationen zu Gebende sich verschiedene Einschränkungen nothwendig machen. Zunächst wird man bei der Verkleinerung des Massstabes darauf verzichten müssen, die technisch nutzbaren Ablagerungen noch in dem Umfange darzustellen, wie etwa für Messtischblätter. Wo Erzgänge oder linsenförmige Einlagerungen in dichter Häufung sich finden, wird man beim Zurückgehen auf den Massstab 1 : 100 000 nur noch die wichtigsten dieser Bildungen ausdrücken können und bei noch kleinerem Massstabe, etwa 1 : 500 000, nur noch schematisch durch eine einzelne Strichlage die Richtung eines solchen Ganggebietes oder einer Reihe von gesetzmässig dem Schichtenverbande eingefügten Lagerstätten ausdrücken. Bei noch kleinerem Massstabe werden diese Bildungen überhaupt nicht auf der Karte zum Ausdruck zu bringen sein.

In zweiter Linie wird man zu bedenken haben, welche petrographisch verschiedenen Schichten noch darzustellen, welche fortzulassen sind. Wo in einem Eruptivgebiete der Massstab der

Messtischblätter gestattet, die einzelnen zeitlich und in ihrer Zusammensetzung nur wenig von einander abweichenden, zu einer grossen Gesteinsgruppe gehörenden Ergüsse zu unterscheiden, wird man bei Anwendung kleineren Massstabes zusammenfassen müssen. Wenn beispielsweise in einem tertiären Eruptivgebiete Feldspath-, Nephelin- und Leucitbasalte zusammen vorkommen, so wird man in dem einen Falle die verschiedenen Basaltgesteine unterscheiden, im anderen Falle aber alle unter der Bezeichnung „Basalt" vereinigen. Dasselbe wird man nöthig haben, wo es sich um diabasische oder porphyrische Eruptivgesteine in alten Formationen handelt. Man wird hier nicht mehr die einzelnen Gesteinsgruppen unterscheiden können, sondern muss sie alle unter derselben Farbe zusammengreifen. Wenn von einem Granitmassive sich seitlich Gänge abzweigen, die durch ihre andere Art des Auftretens andere Erstarrungsmodifikationen angenommen haben, wie das Hauptgestein, so wird man dieselben mit jenem zusammenfassen müssen. Ebenso wird es sich nöthig machen, die Kontakterscheinungen an der Grenze von Eruptivgebieten in der Darstellung einzuschränken. Es wird nicht mehr möglich sein, schmale Kontaktzonen darzustellen, wohl aber werden die grossen kilometerbreiten Höfe um die Granitstöcke herum, auch bei bedeutender Verkleinerung des Massstabes sich noch in schematischer Weise zum Ausdrucke bringen lassen, wenn es auch nicht mehr möglich sein wird, die einzelnen Phasen dieser Umwandlung darzustellen. — Innerhalb der geschichteten Gesteine wird man die im Vorhergehenden besprochenen petrographisch abweichenden Einlagerungen, wenn dieselben gute Leithorizonte für die Verfolgung der Schichten bilden, im vollen Umfange ausdrücken, man wird geringer mächtige Bänke weglassen und nur über grössere Flächenräume verbreitete, mächtige Einlagerungen, wie beispielsweise grosse Kalkstöcke in den krystallinischen Schiefern, noch geben können. Auch der Grad der Gliederung der einzelnen Formationen wird eine Reihe von Einschränkungen erforderlich machen; während beispielsweise in der Triasformation auf einem Messtischblatte nicht nur die drei Hauptglieder derselben, sondern auch ihre Unterabtheilungen, in untere, mittlere und obere Stufe, sowie eine Anzahl von einzelnen besonderen Schichten innerhalb derselben dargestellt werden können, wird eine Karte im Massstabe 1 : 100000 die letzteren bereits vernachlässigen und eine solche in 1 : 500000 nur noch die drei Hauptglieder: Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper unterscheiden können, und bei Uebersichtskarten

über sehr grosse Gebiete in sehr kleinem Massstabe wird man unter Umständen die ganze Triasformation einheitlich darstellen. Entsprechende Reduktionen, deren Einzelheiten auch hier dem geologischen Taktgefühle überlassen bleiben müssen, finden in analoger Weise natürlich in allen anderen Formationen statt.

Auf der anderen Seite aber wird es nöthig sein, eine Anzahl von Erscheinungen, die trotz geringer Oberflächenverbreitung von eminenter geologischer Bedeutung sind, auch bei kleinerem Massstabe unter allen Umständen zur Darstellung zu bringen, und zu Gunsten dieses Zweckes wird man oft genug ganz bedeutende Uebertreibungen derselben vornehmen müssen, damit sie in der Karte so zum Ausdrucke gelangen, dass sie deutlich zu erkennen sind. Dahin gehören beispielsweise das Auftreten von isolirten kleinen Schollen irgend einer Formation, die durch ihre Lage weit entfernt von dem Hauptverbreitungsgebiete derselben Schichtenfolge einen Anhalt gewähren für die Beurtheilung der Frage nach der ehemaligen Verbreitung derselben in dem betreffenden Gebiete. Als Beispiele liessen sich hier etwa die kleine Muschelkalkscholle bei Greiz oder die kleinen Kreideschollen auf dem Ohmgebirge, oder die kleinen Partien von Juraformation am Nordrande des Thüringer Waldes und an der Lausitzer Spalte anführen. Auch „Reste“ (vereinzelte Geschiebe) eines Schotterlagers der Diluvial- oder Tertiärzeit sind, wenn besonders wichtig, auf der Uebersichtskarte als volle Flächen anzugeben.

Ebenso wird man isolirte und darum besonders auffällige Vorkommnisse von Eruptivgesteinen auch bei Verkleinerung des Massstabes so lange wie möglich noch zu deutlichem Ausdrucke zu bringen versuchen. — Wenn ferner in einem weit ausgedehnten Gebiete jugendlicher Bildungen, wie z. B. im nordeuropäischen Glazialgebiete, an sehr zerstreuten Stellen winzige Partien des älteren Untergrundes die jungen Bildungen durchragen, so wird man auch diese, selbst in einem Massstabe von weniger als 1 : 100 000, noch zum Ausdrucke bringen, selbst wenn ihre Ausdehnung an der Oberfläche so gering ist, dass sie selbst auf den Messtischblättern nur als eine winzige Fläche erscheinen. Wenn es sich andererseits darum handelt, die Verbreitung von Glazialbildungen auf einer Uebersichtskarte zur Darstellung zu bringen, so wird man in einem Gebiete, wo vorwiegend ältere Schichten auftreten und nur ganz dünne, kleine Decken glazialer Schichten der Erosion entgangen sind, diese unter Uebertreibung ihrer örtlichen Verbreitung um des

allgemeinen geologischen Interesses willen in einer Kartendarstellung nicht unterdrücken dürfen, ja man wird sogar die äussersten Spuren solcher Ablagerungen in Gestalt vereinzelter, von weither transportirter Gesteinsblöcke auch bei kleinerem Massstabe als vollgültige Aequivalente für anderwärts viele Meter mächtige Schichten betrachten und als solche darstellen müssen. Eine vortreffliche Methode, diese jungen Schichten, die in dünner Decke das ältere Gebirge überlagern, neben dem letzteren zur Darstellung zu bringen, ist in letzter Zeit in grösserem Massstabe auf der Beyschlag'schen Karte der Umgegend von Halle, im kleineren in bestimmten Theilen der grossen geologischen Karte von Europa zur Anwendung gebracht worden. Dieselbe besteht darin, dass in den, eine dünne Tertiär- und Quartärbedeckung tragenden Gebieten die älteren Schichten da, wo sie zu Tage treten, mit Vollfarbe, da wo sie von jenen überdeckt sind, durch eine in der Farbe mit jener übereinstimmende, verschieden gerichtete Reissung zum Ausdrucke gebracht werden. In solcher Weise ist auf der geologischen Karte von Europa der skandinavische Norden und das Grenzgebiet des nordeuropäischen Glazialphänomens in seinem südöstlichen Theile in Südpolen und in Galizien dargestellt worden. In der Karte der Umgegend von Halle a. S. ist sogar in derselben Weise durch Ueberdruck leichter Farbentöne zum Ausdruck gebracht worden, ob über dem älteren Gebirge Tertiärformation, Diluvium oder Alluvium liegt. Diese Art der Darstellung scheint für viele Gebiete für die Zukunft noch von grosser Bedeutung werden zu wollen.

Auch die Grenzenziehung erheischt bei Anwendung kleineren Massstabes bestimmte Abänderungen. Man wird nicht mehr jede Einbiegung der Grenzlinien in kleine Seitenthäler ausdrücken, sondern den Verlauf der Grenzen vereinfachen und mehr in gerade fortlaufenden Linien geben. Andererseits wird man kleine, benachbarte, in Wirklichkeit isolirte gleichartige Vorkommnisse zu einer zusammenhängenden Fläche zusammenfassen, vorausgesetzt, dass nicht etwa Verwerfungen oder andere Lagerungsstörungen die Trennung bewirkt haben; in solchem Falle würde ein Zusammenfassen natürlich ein ganz falsches Bild geben und ein grober Fehler sein.

Erklärung der auf geologischen Karten benützten gebräuchlicheren Zeichen.



Horizontal lagernde Schichten

Senkrecht, Steil, Mässig steil, Flach — einfallende Schichten

Sattel (Antiklinale)

Mulde (Synklinale)

Kuppelförmiger Bau

Flach, Steil, Senkrecht — einfallende Schieferung

Steile Neigung, Schwache Neigung, Horizontalstellung — von Streckrichtungen

Gefaltete Schichten

Stark gefältelte Schichten

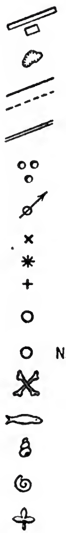
Tiefbohrung

Flachbohrung (Brunnen)

Schacht

Stollenmundloch. Der Stollen verläuft rechtwinkelig zu der durch den Grundstrich angegebenen Himmelsrichtung

Im Betriebe befindliche, Auflässige — Gruben



Gelegentliche Aufschlüsse (Gräben, Baugruben u. s. w.)

Gruben, Erdfälle, Pingen

Verwerfungen: a) beobachtet, b) vermuthet

Klüfte (Diaklasen)

Riesenkessel

Richtung glazialer Schrammen

× ✱ + Geschiebe (erratische Blöcke)

○ Quelle

○ Na Cl Salzquelle

Vorkommen von Säugethierresten

Vorkommen von Fischresten

Vorkommen von Süsswasserschalresten

Vorkommen von marinen Versteinerungen

Vorkommen von Pflanzenversteinerungen

☉ oder Au	Gold-		
☽ „ Ag	Silber-		
♄ „ Pl	Blei-[1])		
♀ „ Cu	Kupfer-	}	Lagerstätte
♂ „ Fe	Eisen-		
♃ „ Sn	Zinn-		
☿ „ Hg	Quecksilber-		

[1]) Lies Pb für Pl.

Verzeichniss der für geologische Kartenaufnahmen verwendeten Abkürzungen für Sedimentär- und Eruptivgesteine.

Alluvium a.

am	Abgestürzter Muschelkalk	aK	Kalktuff
as	Schuttkegel	akh	Moormergel
ag	Flusskies, Strandkies	ah	Moorerde
as	Seesand, Strandsand, Fluss- und Bachsand	at	Torf
		ai	Diatomeenerde
ath	Wiesenthon und Wiesenthonmergel	ao	Ortstein
		ar	Raseneisenstein
al	Wiesenlehm	D	Flugsand
asl	Flusslehm (Schlick)	α	Abrutsch- und Abschlämmmassen.
ak	Wiesenkalk, Seekreide		

Diluvium d.

	Oberes Diluvium ∂	∂ath	Thalthon
∂m	Oberer Geschiebemergel	∂at	Torf im Thalsande
∂th	Oberer Thon (Deckthon)		Unteres Diluvium d
∂t	Oberer Sand	dm	Geschiebemergel
∂g	Oberer Grand	dth	Thon
∂G	Endmoräne	dms	Mergelsand und Schluffsand
∂l	Löss	ds	Sand
		dg	Grand
	Thaldiluvium ∂a	dk	Kalk
∂as	Thalsand	di	Diatomeenerde
∂ag	Thalgrand	dt	Torf

Tertiär b.

be	Eocän	σ	Sand	der verschiedenen Stufen
bo	Oligocän	γ	Kies	
bm	Miocän	ϑ	Thon	
bp	Pliocän	κ	Kohle	
bou	Unteroligocän	χ	Quarzit	
bom	Mitteloligocän	k	Kalkstein	
boo	Oberoligocän			

Kreideformation k.

kn	Neocom	kt	Turon
kg	Gault	ks	Senon
kc	Cenoman		

Oberer oder weisser Jura jw.

jw_1	Kelloway und Oxford	jw_3	Kimmeridge
jw_2	Coralrag	jw_4	Portland

In Württemberg J α—ς

Mittlerer oder brauner Jura jb.

jbu	Unterer } Dogger	jbo	Oberer Dogger
bm	Mittlerer } Dogger		In Württemberg O α—ς

Lias jl.

jlu	Unterer Lias	jlm	Mittlerer Lias
σ	Sandsteineinlagerungen in demselben	jlo	Oberer Lias
α	Kalksandstein		In Württemberg L α—ς

Keuper k.

ko	Oberer Keuper (Rhät)	y	Gypsmergel und Gyps
km	Mittlerer Keuper	Pb	Bleiglanzbank
γ	Corbulabank	ku	Unterer Keuper
δ	Estherienschichten	ku_2	Grenzdolomit
ε	Lehrbergschicht		

Muschelkalk m.

mo	Oberer Muschelkalk	mu	Unterer Muschelkalk (Wellenkalk)
mo_1	Trochitenkalk	τ	Terebratulabank
mo_2	Nodosenschichten	χ	Schaumkalk
mm	Mittlerer Muschelkalk	oo	Oolithbänke
y	Gyps		

Buntsandstein s.

so	Oberer Buntsandstein (Röth)	χ	Sandstein mit Chirotherienfährten
y	Gyps	su	Unterer Buntsandstein
m	Kalke mit Modiola hirudiniformis	α	Konglomerat
δ	Dolomite mit Myophoria fallax	ρ	Rogenstein
sm	Mittlerer Buntsandstein	δ	Dolomit

Zechstein z.

zo	Oberer Zechstein	zu	Unterer Zechstein
y	Gyps	zu_1	Zechsteinkonglomerat und Kupferschiefer
zm	Mittlerer Zechstein	zr	Dolomit des Bryozoenriffes
φ	Eisensteinlager		

Rothliegendes r.

ro	Oberes Rothliegendes	k	Kalkeinlagerungen
κ	Kalkeinlagerungen	π	Kieselschiefer und kieseliger Thon
δ	Dolomit	α	Grobe Konglomerate
rm	Mittleres Rothliegendes		
ru	Unteres Rothliegendes		

Steinkohlenformation st.

sto	Oberes Karbon	stu	Unteres Karbon
k	Kalklager	k	Dolomit und Kalkstein

Kulm c.

c_2 Oberer Kulm
c_1 Unterer Kulm
α Kalkgrauwacke
ρ Bunte Thonschiefer, Sandsteine und Grauwacken

Devon t.

t_3 oder to Oberdevon
α Kalkknotenschiefer
α_1 Knotenkalk
k Kalklager
β Quarziteinlagerungen
γ Diabasbreccien und Tuffe
s Schalstein
c Cypridinenschiefer
t_2 oder tm Mitteldevon
β Kalkgrauwacken, Tuffe, Diabasbreccien
t Tentaculitenschiefer
o Orthocerasschiefer
k Stringocephalenkalk
s Schalstein
t_1 oder tu Unterdevon
α Kalkknotenschiefer
β Nereitenquarzit oder sandige und quarzitische Schiefer
w Hunsrückschiefer
g Grauwacke
q Quarzit
t Thonschiefer
χ Koblenz-Quarzit
k Kalkeinlagerungen
p Porphyroidschiefer

Silur s.

s_3 Obersilur
α Knotenkalk
β Alaunschiefer
s_2 Mittelsilur
s_1 Untersilur
π Quarzit
o Thuringitische Gesteine
l Kieselschiefer
α Griffelschiefer
β Dunkler Thonschiefer

Kambrium cb.

cb_2 Oberes Kambrium
cb_1 Unteres Kambrium
o Violette Thon- und Dachschiefer
γ Grauwacke oder gneiss- und granitartige Gesteine
q Quarzit
π Porphyroid
α Amphibolgesteine
γ_1 Graphitische Schiefer

Krystallinisches Grundgebirge.

gl Glimmerschiefer
gn Gneiss
gnh Hornblendegneiss
gnb Biotitgneiss
gnk Körnig flaseriger Gneiss
gng Glimmerreicher, schieferiger Gneiss
q Quarzit

Eruptivgesteine.

Basalt B

Bn Nephelinbasalt
Bl Limburgit
Bf Feldspathbasalt
Bfl Lavaartiger Feldspathbasalt
Bf' Basaltlava
B oder Bl Basanit
Bt Tephrit
Bα Basaltische Schlacken u. Aschen
tB Basalttuff

Phonolith F oder Ph

Andesit A.

Aa Augitandesit
Ah Hornblendeandesit

Kersantit K

Trachyt T

t T	Trachyttuff
β T	Bimsteinsand

Melaphyr M

M υ	Glasreicher Melaphyr
M ς	Melaphyrmandelstein
t M	Melaphyrtuff

Porphyrit 𝔓

𝔓 g	Glimmerporphyrit
𝔓 ς	Porphyritmandelstein
t 𝔓	Porphyrittuff

Quarzporphyr P

P_{θ}	Biotitreicher Quarzporphyr
P f	Felsit-Porphyr
P ρ	Fluidaler Quarzporphyr

Diabas D

D p	Paläopikrit
D π	Porphyrartiger Diabas
D α	Aphanit
D′	Diabasmandelstein
t D	Schalstein

Granit G

G r	Granitit
G r p	Granitporphyr

Kapitel 17.

Eintragung der Aufschlussergebnisse in die Karte. Aufsuchung geologischer Grenzpunkte. 1. Beobachtung der Verwitterung. 2. Beobachtung der Bodenfärbung.

Wenn nach all den, in den vorherigen Kapiteln aufgeführten Rücksichten ein Aufschluss untersucht ist, so wird das gefundene Resultat an der entsprechenden Stelle der Karte eingetragen. Ein mit einem Buntstift ausgeführter Punkt oder Strich, eine farbige Linie oder ein Farbenband je nach Grösse oder Gestalt des Aufschlusses bezeichnet bei Sedimentärgesteinen das Alter der betreffenden Schichten, oder wenn dieses sich nicht von vornherein mit voller Sicherheit bestimmen lässt, das petrographische Verhalten derselben; bei Eruptivgesteinen die Zugehörigkeit zu einer der grösseren Gruppen. Ein kurzer Strich giebt die Richtung des Streichens, ein an denselben gesetzter Pfeil das Einfallen der betreffenden Schichten an, in der Weise, wie es oben bereits angegeben wurde. Ist der Aufschluss reich an thierischen oder pflanzlichen organischen Resten, so giebt man auch das direkt in der Karte durch ein beigesetztes Zeichen (siehe voriges Kapitel) an. Nicht in die Karte, sondern in das Notizbuch wird, wenn es erforderlich ist, eine kleine Skizze des Aufschlusses eingetragen, wobei die einzelnen Schichten durch Buchstaben bezeichnet werden, und gleichzeitig werden alle diejenigen Punkte notirt, die von Wichtigkeit sind und zur Charakterisirung der einzelnen Schichten dienen, wie das petrographische Verhalten, die Wasserführung, die Art der vorkommenden Versteine-

rungen und alle diejenigen anderen Dinge, die in den vorhergehenden Kapiteln besprochen sind.

Ist diese Arbeit in sorgfältiger Weise erledigt[1]) und über die gesammten Aufschlüsse eines grösseren oder kleineren Gebietes ausgedehnt, so wird der Geologe in sehr vielen Fällen bereits einen oberflächlichen Ueberblick über die Lagerungsverhältnisse und den Aufbau der betreffenden Formation gewonnen haben. Seine nächste und wichtigste Aufgabe besteht nun darin, die räumliche Verbreitung der einzelnen Glieder an der Oberfläche genau festzustellen und die Grenzen der einzelnen zu unterscheidenden Formationsglieder in der Natur zu suchen und weiter zu verfolgen.

Die Aufsuchung der geologischen Grenzen erfordert eine sorgsame Begehung des aufzunehmenden Gebietes. Diese Begehung folgt solchen Linien, die in der topographischen Unterlage klar zum Ausdrucke gelangen, damit man in jedem einzelnen Falle genau weiss, wo man sich im Terrain befindet. In erster Reihe kommen hier die das Gelände durchfurchenden Thäler der Flüsse und Bäche bis in ihre kleinsten Verzweigungen hinein in Betracht, sodann Fuss- oder Fahrwege, Waldränder, Grenzen zwischen Feldern, Flurgrenzen und anderes. Ist man gezwungen eine Linie zu begehen, die in der Karte nicht direkt zum Ausdrucke kommt, so legt man dieselbe möglichst so, dass man von einem Fixpunkte, einem Wegkreuze, einer Waldecke oder einem abgeschrittenen Punkte aus sich in gerader Richtung auf einen anderen, in der Karte deutlich erkennbaren ähnlichen Festpunkt zu bewegt. Wie nahe oder wie weit die einzelnen Beobachtungslinien von einander entfernt sein müssen, hängt natürlich von verschiedenen Faktoren ab. In geologisch einförmigen Gebieten werden die Beobachtungslinien in grösseren Abständen von einander liegen können, während sie in

[1]) Es mag an dieser Stelle ein sehr beachtenswerther Wink eingeschaltet werden, den v. Richthofen in seinem „Führer für Forschungsreisende“ giebt: „Je leichter man den Bleistift zur Hand hat, um so häufiger wird man sich veranlasst fühlen, das Notizbuch zu benützen, um in demselben zur Entlastung des Gedächtnisses kurze Eintragungen zu machen, und es empfiehlt sich deshalb den Bleistift an einer längeren um den Hals hängenden oder in ein Knopfloch eingeknöpften Schnur oder in einem angesteckten oder ganz leicht erreichbar in der Brusttasche untergebrachten offenen Etui zu tragen, so dass er jederzeit bequem in die Hand genommen werden kann. Eine kleine Versäumniss im Aufzeichnen zunächst unscheinbar erscheinender Bemerkungen wird sich in vielen Fällen später empfindlich rächen und bitter empfunden werden.“

komplizirten so nahe wie möglich an einander gerückt werden, wobei die Wahl der betreffenden Linien jedenfalls von der Schwierigkeit des Terrains und von dem Masse von Erkenntniss abhängig ist, bis zu welchem man in der Beurtheilung des geologischen Baues bereits vorgedrungen ist. In Gebieten, die mit dichtem, ausgedehntem Wald bestanden sind, werden in sehr vielen Fällen die parallel zu einander verlaufenden Forstwege, die zur Eintheilung des Reviers in „Jagen" oder „Abtheilungen" dienen, als „Schneisen" oder „Gestelle" bezeichnet werden und gewöhnlich in zwei auf einander senkrecht stehenden Richtungen in gleichen Abständen verlaufen, die besten und oftmals einzigen Beobachtungslinien bilden. In jedem Falle thut man gut, die ersten und meisten Linien so zu wählen, dass sie senkrecht zum Streichen der Schichten liegen; in anderen Fällen aber, wo eine bestimmte Schicht klar und deutlich im Terrain hervortritt und wo man dieselbe bereits mit dem Auge auf weite Strecken hin erkennen kann, wird es angebracht sein, zunächst auf grössere oder kleinere Entfernung ihr zu folgen und die Linie ihres Ausstriches in der Karte einzutragen. Bei horizontal verlaufenden Schichten ist es in vielen Fällen angebracht, nicht die Thäler, wenigstens wenn sie eine geringe Neigung haben, zu verfolgen, da man dabei häufig auf grosse Strecken in derselben Schicht bleibt, sondern die Beobachtungslinien rechtwinkelig zum Verlaufe der Thäler, die Abhänge hinauf zu legen. Nach einiger Uebung wird der Geologe nicht mehr im Zweifel sein, welche von diesen verschiedenen hier mitgetheilten Methoden er im gegebenen Falle zur Anwendung zu bringen hat.

Für die Aufsuchung geologischer Grenzen kommen folgende Erscheinungen in Betracht:

1. Die genaue Untersuchung des Verwitterungsbodens.
2. Die Bodenfärbung.
3. Eingehende Beobachtung der Terrainverhältnisse.
4. Vegetation und Fruchtbarkeit des Bodens.
5. Die Beobachtung von Wasseraustrittsstellen.
6. Die Untersuchung des von Flüssen und Bächen transportirten Geröllmaterials.

1. Untersuchung des Verwitterungsbodens: Im 5. Kapitel ist bereits in ausführlicher Weise besprochen, in welcher Art die einzelnen Gesteine verwittern, welcherlei Boden sie bilden und von welcher Beschaffenheit die einzelnen in ihm enthaltenen

Bruchstücke und Residualbildungen sind, die einen Schluss auf das unterlagernde Gestein zulassen. Es erübrigen an dieser Stelle nur noch einige kurze Bemerkungen, die sich auf die Kartendarstellung beziehen. Hat man in einem Aufschlusse erkannt, welche Schichten an der betreffenden Stelle zu Tage ausstreichen, so bewegt man sich von dem Aufschlusse aus möglichst im Streichen der Schichten seitwärts und beobachtet dabei mit Aufmerksamkeit den Ackerboden, am besten an den Rändern von Feldern oder an Furchen, die den betreffenden Acker durchziehen, und sucht sich an möglichst zahlreichen Stellen durch Prüfung der im Boden eingeschlossenen Gesteinsfragmente Sicherheit darüber zu verschaffen, ob man sich noch im Verwitterungsboden derselben Schicht befindet. Das Ergebniss trägt man in möglichst kurzen Intervallen auf der Beobachtungslinie auf der Karte durch ein kurzes Zeichen ein, indem man sich dazu entweder schon des konventionellen bezw. offiziellen Zeichens für die betreffende Schicht bedient, oder zunächst für seinen eigenen Handgebrauch eine besonders prägnante Buchstabenabkürzung oder sonstige Signatur erfindet und durchführt, die auf petrographische oder paläontologische Beschaffenheit, einen Lokalnamen oder dergl. Bezug nimmt.

In der gedruckten oder zu druckenden geologischen Karte werden die Schichten jeder einzelnen Formation mit einem bestimmten Buchstaben zusammengefasst, und es hat sich bereits eine internationale Gepflogenheit in dem Sinne herausgebildet, dass die gleiche Formation in den Karten der verschiedenen Länder thunlichst mit einem und demselben Buchstaben bezeichnet wird, eine Uebereinstimmung, für welche die im Erscheinen begriffene internationale Karte von Europa eine gute Grundlage bildet. In diesem Kartenwerke sind die archäischen Schichten mit dem Buchstaben *a* bezeichnet, das Kambrium mit *cb*, das Silur mit *s*, das Devon mit *d*, das Karbon mit *h* (houiller), die Permformation mit *p*, die Trias mit *t*, der Jura mit *i*, die Kreide mit *c*, das Tertiär mit *m* (Molasse), das Quartär mit *q*, und die jüngsten Bildungen mit *a*. — Die geologische Karte von Preussen und den Thüringischen Staaten zeigt in Folge von weitergehender Gliederung eine Anzahl von Abweichungen von diesem Schema. So wird darin das archäische Gebiet, wenn auch nicht ganz einheitlich, mit *g*, das Kambrium mit *cb*, das Silur mit *s*, das Devon in Thüringen mit *t*, das Karbon mit *st* und *c*, die Zechsteinformation mit *z*, der Buntsandstein mit *s*, der Muschelkalk mit *m*, der Keuper mit *k*, Jura und Kreide wie in der europäischen Karte, das Tertiär mit *b*

(Braunkohlenformation), das Diluvium in seiner oberen Abtheilung mit ∂, in seiner unteren mit d und das Alluvium mit a bezeichnet. Die unteren, mittleren und oberen Abtheilungen der einzelnen Formationen werden in demselben grossen Kartenwerke mit einem an diesen Hauptbuchstaben angefügten u, m oder o bezeichnet und die innerhalb dieser einzelnen Abtheilungen in der Karte noch weiter unterschiedenen Glieder durch an den zweiten Buchstaben angesetzte Zahlen bezeichnet, wobei die untersten Schichten mit einer $_1$ und jede folgende mit einer höheren Zahl bezeichnet werden. Bei noch weiterer Gliederung sowie bei linsenförmigen Einlagerungen wendet man einzelne Buchstaben an, wie beispielsweise für die Gypseinlagerungen ein y, für die Kalkeinlagerungen ein $\varkappa$ u. s. w. In derselben Weise werden die Eruptivgesteine in ihren grossen Gruppen durch einen Hauptbuchstaben zusammengefasst, und die verschiedenen petrographischen oder Altersdifferenzen innerhalb dieser Gruppen durch dem Hauptbuchstaben angesetzte Nebenbuchstaben oder Zahlen bezeichnet.

Einige Beispiele mögen das Gesagte erläutern. Wir nehmen den Fall an, dass wir uns in einem Buntsandsteingebiete befänden, und zwar in der mittleren Abtheilung desselben. So lange der Verwitterungsboden uns den Schluss gestattet, dass wir uns noch innerhalb dieser Abtheilung befinden, setzen wir in kurzen Intervallen in unsere Beobachtungslinie auf der Karte das Zeichen s_m = mittlerer Buntsandstein ein und bemerken durch nebengesetzte kleine Buchstaben fk, mk oder gk, welches die Korngrösse der einzelnen Sandkörner an der betreffenden Stelle ist, wobei fk feinkörnigen, mk mittelkörnigen Sand und gk grobkörnige bis konglomeratische Bildungen bezeichnet, deuten auch noch durch ein ρ rothe Farbe, durch ein λ lettige Zwischenlagen an. Mit diesen Eintragungen fahren wir so lange fort, bis uns ein Wechsel im Boden, mag derselbe nun in der petrographischen Beschaffenheit des Gesteins oder in der Färbung oder im Bindemittel oder im Auftreten ganz neuer Gesteine begründet sein, anzeigt, dass wir einen anderen Schichtenkomplex erreicht haben. Die Stelle, wo zuerst mit Sicherheit ein solcher Wechsel beobachtet wird, wird in der Karte durch einen kurzen Strich klar und deutlich markirt[1]). Ein anderer Fall: Wir haben

[1]) Eventuell muss man mehrmals über die Grenzzone hin- und hergehen und dieselbe auf einen immer schmäleren Streifen, zuletzt auf eine Linie, einzuschränken suchen.

aus Aufschlüssen erkannt, dass wir uns im unteren Muschelkalke, im sogen. Wellenkalke, befinden und verfolgen nun den mit zahllosen Kalksteinstücken durchsetzten Boden, indem wir das Zeichen m_u oder w (Wellenkalk) so lange in kurzen Intervallen in unsere Beobachtungslinie eintragen, bis wir einen Wechsel in den Gesteinen der Oberfläche wahrnehmen, etwa in der Weise, dass sich Bänke von krystallinischem, nicht welligem Kalke einstellen, in welchem man bei eifrigem Suchen die charakteristische Terebratula vulgaris entdeckt. Der Punkt, wo dieselben beginnen, wird durch einen kurzen Strich festgelegt und an Stelle des Zeichens m_u tritt das für die betreffende Einlagerung gewählte griechische Zeichen τ in sein Recht. Oft nach wenigen Schritten schon werden wir wahrnehmen, dass diese Einlagerung wieder verschwindet und die alte Folge von welligen, erdigen Kalksteinen sich wieder einstellt, die wir nun weiterhin wieder mit m_u bezeichnen, bis eine zweite, terebratelfreie Schaumkalkbank einsetzt, für die wir dann an der betreffenden Stelle das Zeichen χ eintragen und deren obere und untere Grenze wir ebenfalls mit kurzen Linien in der Karte durch Abschreiten festlegen. Beim weiteren Verfolgen unseres Profils werden wir wahrnehmen, dass beim Uebergange auf eine sanfter geböschte Ebene die groben, eigenthümlich gestalteten Kalksteinstücke des Wellenkalkes in dem Boden verschwinden, und tiefgründige, steinfreie, feindolomitisch-sandige, lössähnlich-gelbliche Ackerböden auftreten. Wir erkennen, dass wir wieder eine wichtige Schichtgrenze überschritten haben und uns nunmehr im mittleren Muschelkalke befinden, für den wir das Zeichen m_m so lange eintragen, bis wir plötzlich wiederum sehen, dass der Boden steinig, reich an harten, schwer verwitternden, fossilreichen Kalksteinen wird und eine Terrasse bildet, woraus wir erkennen, dass wir die Basis des oberen Muschelkalkes erreicht haben. Die harte, sogen. Trochitenbank erhält in unserer Darstellung das Zeichen m_{o_1}, und das auffällige Verhalten dieser Schicht im Terrain wird uns zugleich die Möglichkeit gewähren, von unserer Beobachtungslinie aus nach beiden Seiten hin den Verlauf derselben im Felde auf eine Strecke zu übersehen und in der Karte einzutragen. Haben wir diese, gewöhnlich nur wenige Meter mächtige Bank überschritten, so kommen wir auf schwere, thonige, an plattigen Kalksteinstücken reiche, grau gefärbte Aecker und werden einmal aus der bekannten Aufeinanderfolge der Schichten und sodann aus dem Auftreten charakteristischer Versteinerungen leicht den Schluss ziehen können, dass wir uns

in der oberen Abtheilung des oberen Muschelkalkes, den sogen. Nodosenschichten, befinden, die wir nun in der Fortsetzung unserer Beobachtungslinie durch den Buchstaben m_{o_2} charakterisiren.

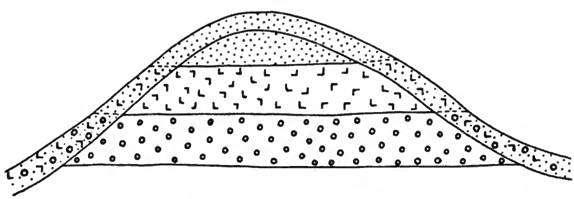
Genau in entsprechender Weise verfährt man in den übrigen Formationen und wird um so weniger Mühe haben, die Schichtgrenzen genau festzustellen, je grösser der Unterschied in der petrographischen Beschaffenheit der auf einander folgenden Schichtenglieder ist.

Bei dieser Verfolgung der einzelnen Schichten und der Aufsuchung ihrer Grenzen nach der Beschaffenheit ihres Verwitterungsbodens sind nun noch einige wichtige Punkte zu beobachten:

a) Gesteinsstücke, welche keine scharfen oder durch Verwitterungsvorgänge abgestumpften Kanten besitzen, sondern allseitig abgerundet und abgerollt sind und dadurch dokumentiren, dass sie einen Transport in fliessendem Wasser durchgemacht haben, sind für die Beurtheilung des Untergrundes nicht immer verwerthbar. Man kann nur in dem Falle Schlüsse aus ihrer Verbreitung ziehen, dass der Untergrund selbst aus konglomeratischen Bildungen besteht, die in der Tiefe noch zu festem Gestein verkittet sind, oder wenn es sich um jüngere Bildungen handelt, die lose, unverkittete Anhäufungen bilden. Man wird in solchen Fällen übrigens oft genug unterscheiden können, ob man es in abgerollten Lesesteinen mit Anzeichen des Untergrundes zu thun hat, oder nicht. Im ersteren Falle sind die Steine meist gleichartig (homöogen), im anderen von sehr mannigfaltiger Herkunft (polygen). In allen anderen Fällen, also in Gebieten von Sandstein, Kalkstein, mergeligen, thonigen oder ähnlichen Gesteinen, wird man beim Auffinden grösserer Mengen von solchen abgerollten, offenbar vom Wasser bewegt gewesenen Gesteinsstücken zu prüfen haben, ob dieselben Reste von alten Flussablagerungen sind, aus einer Zeit, in der die Flüsse sich noch nicht bis zur jetzigen Tiefe ihre Betten eingeschnitten hatten, sondern in weit höherem Niveau flossen, oder man wird sich die Frage aufwerfen müssen, ob durch menschliche Thätigkeit oder durch irgend einen Zufall diese Gerölle an ihren jetzigen Ort gebracht sein können. Das letztere wird vornehmlich in dem Falle anzunehmen sein, wenn es sich um ein auf ganz kleinen Raum beschränktes Vorkommen handelt. Auf keinen Fall aber dürfen, abgesehen von der erwähnten Ausnahme, solche Gerölle zur Beurtheilung des Untergrundes dienen.

b) An Abhängen wird ununterbrochen durch die Thätigkeit des Regenwassers und der Schneeschmelze, wohl auch durch ein Gleiten der Schneemassen selbst (Lawinenstürze), Material von oben nach unten geführt, während der umgekehrte Transportweg niemals eingeschlagen wird. Diese Beförderung von Gesteinsmaterial von oben nach unten wird um so stärker sein, je steiler ein Gehänge ist. Uebrigens giebt der Gehängeschutt am meisten da zu Täuschungen Veranlassung, wo er auf mittleren und flachen Gehängeneigungen aufruht. (An steilen Gehängen bildet er am Fusse zumeist deutlich abgesetzte Schuttkegel, die in der Kartendarstellung mit einem eigenen Zeichen zu geben sind, während darüber sich wenig oder gar kein das Felsgerüst verhüllendes Material findet.) Es wird also am unteren Theile der Flanke eines Thales in dem Verwitterungsboden Material gemischt sein, welches aus allen Höhenlagen des Abhanges herrührt. Auf diesen Umstand ist bei der Aufsuchung der geologischen Grenzen sehr genau zu achten. In dem folgenden (Fig. 78) schematischen Querschnitte eines Hügels, in welchem drei verschiedene

Fig. 78.



Schichten ausstreichen, sieht man, wie im unteren Theile das Material aller drei Schichten mit einander im Verwitterungsboden gemischt ist, während im mittleren Theile nur noch zwei verschiedenartige Gesteine im Boden auftreten, und im oberen nur noch eines. Dieser weit verbreitete Fall giebt uns aber ein Mittel an die Hand, auch in den Fällen, wo anstehendes Gestein gar nicht zu beobachten ist, die geologische Grenze mit ziemlicher Schärfe und Sicherheit zu ziehen. Wenn man sich von unten her den Abhang hinauf bewegt, so wird man an der Stelle, wo von den im Boden auftretenden verschiedenartigen Gesteinen das eine verschwindet, annehmen können, dass hier die obere Grenze der untersten Schicht liegt, und man wird dem zu Folge an dieser Stelle einen Grenzpunkt in die Karte eintragen. Beim weiteren Aufwärtssteigen wird man ebenso

das zweite Gestein verschwinden sehen und die zweite Grenze ziehen können, während die Einheitlichkeit im Verwitterungsboden in dem höher gelegenen Theil zu der Ueberzeugung verhilft, dass hier keine weitere Schicht folgt, sondern dass der ganze obere Theil aus einem und demselben Gestein gebildet wird. Wiederholt man nun eine derartige Untersuchung an verschiedenen Stellen eines Hügels oder eines Thalgehänges und findet dabei immer die Wiederkehr derselben Verhältnisse, so erhält man dadurch eine ganze Reihe von Grenzpunkten, welche hinreichend sind, Lagerung und Verbreitung der betheiligten Gebirgsglieder erkennen zu lassen. Das Mischungsverhältniss der verschiedenen Gesteine ist natürlich durchaus abhängig einmal von der Mächtigkeit der einzelnen über einander lagernden Schichten und sodann auch von ihrer petrographischen Beschaffenheit. Eine gering mächtige Schicht wird natürlich verhältnissmässig weniger Schuttmaterial den tiefer liegenden Gebieten zukommen lassen als eine gleichartige Gesteinsfolge von grösserer Mächtigkeit. Umgekehrt kann eine geringmächtige Schicht dann unverhältnissmässig gross erscheinende Mengen von Schutt liefern, wenn sie aus einem Materiale besteht, welches weniger leicht verwittert oder zu kleinen Brocken zerfällt, als die darüber und darunter lagernden, vielleicht sehr viel mächtigeren Massen.

Da oftmals wichtige Leitschichten nur in Bänken von geringer Mächtigkeit auftreten, ja oft sogar nur wenige Zentimeter stark sind, so erhellt daraus, dass man auch auf diese nur in geringer Menge im Boden vorhandenen Gesteinsfragmente mit grosser Sorgsamkeit zu achten hat, wie es denn überhaupt als eine Regel festzuhalten ist, dass bei der geologischen Untersuchung eines Gebietes auch scheinbar unbedeutende Erscheinungen unter keinen Umständen gering geachtet werden dürfen, da sie oft zu weittragenden Schlüssen Veranlassung geben können.

In Kapitel 23 wird aus einander gesetzt werden, in welcher Weise in Gebieten, in denen keine festen Gesteine, sondern nur lose Bildungen auftreten, wie z. B. im ganzen norddeutschen Flachlande, die Ermittelung der geologischen Grenzen ausgeführt wird.

2. Die Bodenfärbung: Im 4. Kapitel ist bereits angegeben, in wie zahlreichen Fällen einzelne Schichten durch ihre eigenthümliche Färbung sich unterscheiden, und es ist klar, dass, da solche Färbungsunterschiede bei der Verwitterung oft nicht nur nicht ver-

wischt werden, sondern sogar noch viel auffälliger gemacht, ja, zum Theil überhaupt erst erzeugt werden, in ihnen ein ganz vorzügliches Hülfsmittel liegt, um bei der Begehung des Terrains die einzelnen Formationen und Formationsabtheilungen zu unterscheiden und ihre Grenzen scharf zu erkennen. Auch hierbei ist natürlich dem Umstande Rechnung zu tragen, dass das feinere thonige Material, an welches die charakteristische Färbung gewöhnlich gebunden ist, einer weitgehenden Fortführung durch die Atmosphärilien thalabwärts unterworfen ist, und dass dieses von oben herabgeführte, lebhaft gefärbte Material durch seine Vermischung mit dem Verwitterungsboden tiefer liegender, anders gefärbter Schichten auf die Gesammtfärbung des Bodens einen äusserst wesentlichen Einfluss gewinnen kann. In Folge dessen ist es in vielen Fällen leichter, die obere Grenze einer Schicht mit Sicherheit aus der Färbung des Bodens festzustellen, als die untere, vorausgesetzt, dass nicht auch in den höheren Schichten ähnliche Prozesse sich wiederholen. Die Benutzung der Färbung des Bodens zum Zwecke der Aufsuchung geologischer Grenzen ist bei niederem Stande der Sonne, also Morgens und Abends, mit gewissen Bedenken verknüpft, weil dann einerseits die langen Schatten, andererseits das an sich schon lebhafter gelbe und röthliche Sonnenlicht die Bodenfarbe wesentlich modifiziren. Auch ist es ein grosser und wohl zu beachtender Unterschied, ob man einen Boden in der Richtung der auffallenden Sonnenstrahlen beleuchtet sieht oder entgegen denselben. Auch die mehr oder weniger grosse Trockenheit ist von Einfluss, da nach Regen der Boden gewöhnlich anders gefärbt ist, als zur Zeit langer Trockenheit. Schliesslich darf nicht unerwähnt bleiben, dass die übereinstimmende Färbung der geologisch gleichen bezw. die abweichende der verschiedenartigen Gebilde oft von entfernteren, eine Uebersicht gestattenden Punkten aus leichter erkannt werden kann, als wenn man sich inmitten des betreffenden Gebietes befindet und nur kleinere Theile desselben auf einmal übersehen kann.

Kapitel 18.

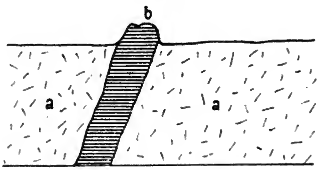
3. Beobachtung der Terrainformen.

Von besonderer Bedeutung für die geologische Karte ist die schärfste und eingehendste Berücksichtigung aller, auch der feinsten

Züge, die der Unterschied der Gesteine im Relief der Oberfläche hervorruft. Dieselben werden entweder dadurch bedingt, dass weichere Gesteine leichter mechanisch verwittern als härtere, oder dass manche Gesteine der chemischen Verwitterung, der lösenden Einwirkung der Tagewasser, einen geringeren Widerstand entgegenstellen als andere. Die einfachsten Fälle der erstgenannten Art sind Quarzgänge, die bei der Verwitterung des weicheren Nachbargesteins stehen geblieben sind und heute als sogen. „Pfähle“ oder „Teufelsmauern“ ihre Umgebung überragen. Sie lassen sich, wie z. B. der berühmte Pfahl des Bayrischen Waldes, meilenweit über das Gebirge hin verfolgen.

In dem Falle, dass Eruptivgesteine, beispielsweise Basalte, in lockerem Gestein aufsetzen, können dieselben in Folge der leichteren Zerstörung des letzteren mauerartig ihre Umgebung überragen. So finden sich im südöstlichen Island Gebiete, wo die aus den Tuffen herauspräparirten, in mehreren Richtungen sich kreuzenden Basaltgänge so zahlreich auftreten, dass man die Mauern einer alten Ruinenstadt vor sich zu sehen glaubt. Auch die im Fränkischen

Fig. 79.



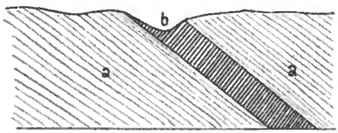
Keuper in Menge aufsetzenden schmalen Basaltgänge scheinen, wenigstens theilweise, bevor sie der Zerstörung durch den Menschen zu Wegebauzwecken anheimfielen, ihre Umgebung als sogen. „Hexenmauern“ überragt zu haben (Fig. 10 u. 79).

Andererseits können Einlagerungen von Kalksteinen in harten Schiefern durch chemische Auslaugung entfernt werden, so dass tiefe Depressionen ihre ehemalige Anwesenheit verrathen (Fig. 80).

Von viel grösserer Bedeutung aber noch sind die kleineren Züge, welche jeder Wechsel im Gesteinscharakter mehr oder weniger deutlich einer jeden Landschaft aufprägt, deren heutiges Aussehen im Wesentlichen auf die Wirkung der Erosion zurückzuführen ist. Selbstverständlich können solche Unterschiede in der Terrainbildung

sich nur da entwickeln, wo das niederfallende Regenwasser Gelegenheit hat, oberflächlich abfliessend seine nagende Thätigkeit zu entfalten, also an allen geneigten Flächen, nicht aber auf der Oberfläche ganz ebener Gebiete. Die Unterschiede in der Ausgestaltung

Fig. 80.

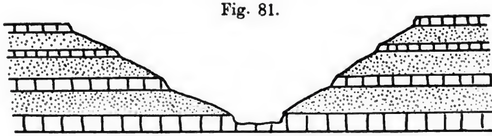


des Terrains, wie sie durch die grössere oder geringere Widerstandskraft der einzelnen über einander lagernden Schichten bedingt werden, finden sich natürlich am ausgesprochensten auf dem Boden und an den Flanken der Thalsysteme.

Wenn wir mit dem einfachsten Falle beginnen, mit einer horizontalen Schichtentafel, wie wir sie beispielsweise in der süddeutschen jurassisch-triassischen Tafellandschaft, im thüringischen Triasbecken oder in der Sächsischen Schweiz haben, so nehmen wir in jedem Thale, welches in ein solches System eingesenkt ist, folgende Erscheinungen wahr: ist das Gestein von gleichartiger Beschaffenheit und von senkrechten Klüften durchsetzt, wie im Quadersandsteingebiete der Sächsischen Schweiz, so sind die Thäler, welche sich das Wasser eingegraben hat, von schluchtartigem Charakter, eng und von steil abfallenden Wänden eingeschlossen. Sie sind gewöhnlich in labyrinthischer Weise verzweigt, die erodirende Thätigkeit des Wassers ist mehr oder weniger dem Verlaufe der Kluftflächen gefolgt und es kommen dadurch eigenthümliche, oftmals überraschend kurze Knickungen und Biegungen der einzelnen Thäler, sowie thalaufwärts sich wiederholende Gabelungen vor. Tritt dagegen in der Beschaffenheit der die Thalflanken zusammensetzenden Gesteine ein petrographischer Wechsel ein, so drückt sich derselbe sofort in der Bodenplastik aus, indem die weichere Stufe flacher, die härtere steiler geböscht ist. Kehren derartige Wechsellagerungen verschiedenartiger Gesteine mehrmals wieder, so entstehen dadurch lang hinlaufende, terrassenartige Stufen in den Thalflanken und an den Abhängen der die einzelnen Thäler trennenden Rücken. Dabei zeigen alle Schichten ihre besonderen Eigenthümlichkeiten, je nachdem die härtere Schicht nur eine geringe

Mächtigkeit besitzt, oder eine starke Bank bildet, oder durch Zwischenlagerungen weicheren Gesteins eine Zwei- oder Dreitheilung erfährt. Die Terrassen folgen in solchen horizontal gelagerten Schichten den Isohypsen; sie verlaufen von der Thalflanke weiter oberhalb in den Thalboden hinein, sie folgen den Einbiegungen

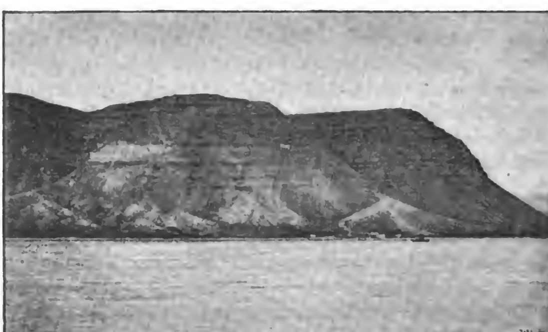
Fig. 81.



aller kürzeren Schluchten und Regenrisse und vermögen durch ihre in die Augen fallende Form gar oft auf den ersten Blick für ein weites Gebiet orientirend zu wirken (s. Fig. 81).

Vorzügliche Beispiele für die Wirkung der Erosion in solchen Tafelländern bieten die weiten Gebiete unserer Erde, in denen in Hunderten von Metern Mächtigkeit eine vulkanische Decke über der anderen liegt, wodurch jene gewaltigen Lavastromsysteme entstanden sind, die wir als Trappgebirge bezeichnen. Die Figur 82 giebt ein ausserordentlich charakteristisches Bild einer solchen basal-

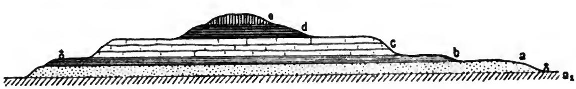
Fig. 82.



tischen Tafellandschaft und der Erosionsformen der in sie eingeschnittenen Thäler aus der nordwestlichen Halbinsel Islands.

Aber auch da, wo nur ein einziger vulkanischer Erguss in grösserer Ausdehnung über die ebene Oberfläche eines ehemaligen Tafellandes ausgebreitet ist, treten uns ganz ähnliche Einflüsse des letzteren auf die Reliefform der Landschaft entgegen. Durch die allmähliche Wirkung der zurückschreitenden Erosion ist diese Decke vielfach in eine Anzahl von einzelnen Stücken zerlegt worden, die nunmehr als schützende Platten auf einzelnen Bergen aufliegen und durch ihre petrographische Uebereinstimmung, sowie durch das Zusammenfallen in eine Ebene ihre ehemalige Zusammengehörigkeit verrathen. Sie erheben sich dann zumeist in steil aufragenden Wänden über den flach geneigten Flächen, die die Verwitterung aus ihrer in allen Fällen weicheren Unterlage herausmodellirt hat. Ich nenne als Beispiele die berühmte Skinnekulle bei Wenersborg in Schweden (Fig. 83), wo eine horizontale Diabasplatte *e* mit steil abfallenden Seiten auf flacher abgeböschten Silurschichten *a*—*d*

Fig. 83.



auflagert, sowie gewisse auf Tertiär oder Buntsandstein auflagernde, heute isolirte Basaltkuppen des hessischen Berglandes.

Ist die durch besondere Härte sich auszeichnende widerstandsfähigere Schicht kein Eruptivgestein, sondern ein Sediment, so haben wir einen noch weit häufigeren Fall der Bildung von Tafelbergen. Besonders charakteristische Beispiele in dieser Beziehung bieten die durch kleinere oder grössere Tafeln aus mächtigen, harten, dolomitischen Schwammkalken gebildeten Tafelberge des weissen Jura von Franken, wie beispielsweise der bekannte Staffelberg.

Die Schichten, welche durch ihre grosse Widerstandskraft steiler aufragende Terrassen in der Erosionslandschaft erzeugen, sind in den weitaus meisten Fällen auch von hervorragender Bedeutung für die geologische Kartirung und wir haben Gelegenheit gehabt, auf sie bei der Besprechung der auf geologischen Karten auszuscheidenden Schichtenglieder hinzuweisen.

Den Einfluss, welchen die Erosion in g e n e i g t e n Schichten von wechselnder Zusammensetzung auf die Gestaltung der Thäler und des gesammten Geländes ausübt, hat R i c h t h o f e n, dem wir

hierin vorzugsweise folgen, in seinem „Führer für Forschungsreisende“ in geistvoller Weise aus einander gesetzt: Wenn auf einem solchen geneigten Schichtensystem, in welchem Gesteine von verschiedener Härte mit einander wechsellagern, das Wasser in der Richtung des Schichtenstreichens fliesst, so gräbt es in gleichartigem Gestein sich senkrecht in die Tiefe ein, und zwar erzeugt es dabei (Fig. 84) in hartem Gestein (*h*) einen engen Kanal (*b*), in weichem (*w*) wegen der stärkeren Abtragung der Seitenwände ein breiteres und tieferes Bett (*a a*).

Fig. 84.



Vertieft sich das im weicheren Gestein eingegrabene Flussbett, so dass es das darunterlagernde härtere Gestein anschneidet (Fig. 85), so geht die Erosion nicht senkrecht in die Tiefe weiter, sondern die Sohle des Thales wandert auf der Fläche des harten Gesteins in der Richtung des Einfallens desselben abwärts und kommt nach einander an die Punkte a^2 und a^3. Wird dagegen das im harten Gestein erodirte Thal *b* tiefer, so dass es das darunterliegende weichere Gestein erreicht, so bleibt die Richtung des Einschneidens zwar senkrecht, aber es tritt eine einseitige Erweiterung des Thales ein, indem in der Richtung gegen das Einfallen hin das weichere Gestein unter dem harten unterwaschen wird und das letztere nach-

Fig. 85.

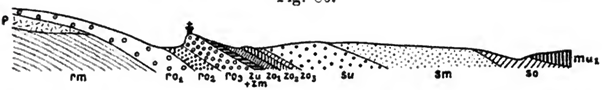


stürzt, und so nimmt dieses Thal allmählich die Formen $b\,b^1$, $b\,b^2$, $b\,b^3$ an. Kommt nunmehr die Thalsohle abermals auf härteres Gestein, so tritt wieder derselbe Fall ein, den wir bei *a* hatten, indem nämlich nunmehr wieder die Thalsohle im Einfallen der Schicht abwärts wandert und die bis dahin stabile, in unserem Bilde (Fig. 85) westliche Thalseite in dieser Richtung vorrückt. Während aber das Thal *a* auf beiden Seiten von gleichmässig geböschten Thalwänden begrenzt wird, ist im anderen Falle *b* die eine Thalseite dem Schichtenfallen einigermassen konform, also flach geböscht, während die andere steil aufragt und sogar überhängen kann. Es ist also in allen den Fällen, in welchen im Querschnitte unsymmetrische Thäler beobachtet werden, nothwendig, den Ursachen

dieses Mangels an Symmetrie auf das Sorgsamste nachzuspüren. Bei sehr stark geneigten Schichten folgen die im Streichen liegenden Thäler mit Vorliebe solchen Schichten, die durch leichte chemische oder mechanische Zerstörbarkeit den geringsten Widerstand bieten. Ein sehr schönes Beispiel hierfür bietet die Gegend von Elgersburg, wo hart am Fusse des Thüringer Waldes Schichten des oberen Rothliegenden in steiler Stellung zu Tage treten. Hier schliessen zwei mächtige Bänke von harten, sehr widerstandsfähigen Konglomeraten eine Masse von dünnplattigem Sandstein (ro_2) ein, der der Verwitterung nur geringen Widerstand zu leisten vermag; in Folge dessen hat sich auf ihm ein dem Gebirgsrande parallel verlaufendes Thal so tief eingeschnitten, dass das jüngere Konglomerat (ro_3) als steil aufragende Mauer parallel vor dem eigentlichen Gebirge, zu dem es geologisch noch gehört, verläuft (s. Fig. 86).

Weit häufiger als die im Streichen liegenden Thäler sind im gefalteten Gebirge diejenigen als Querthäler zu bezeichnenden Einschnitte, welche unter ungefähr rechten Winkeln die Streichlinien

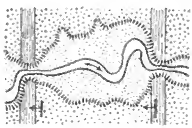
Fig. 86.



rm = Mittleres, ro_1 und ro_3 = Harte Konglomerate, ro_2 = Weicher Sandstein des Oberen Rothliegenden, zu = Unterer, zm = Mittlerer, zo_1—zo_3 = Oberer Zechstein, su = Unterer, sm = Mittlerer, so = Oberer Buntsandstein (Röth), mu_1 = Unterer Wellenkalk.
Profil vom Nordrande des Thüringer Waldes bei Elgersburg (nach E. Zimmermann).

der Schichten durchschneiden. Wenn solche Schichten entgegengesetzt fallen, als das Wasser fliesst, so gräbt letzteres sich schneller in das weiche, als in das harte Gestein ein; dagegen hindern die Bänke des letzteren die tiefere Erosion in dem oberhalb gelegenen, im weicheren Gestein eingeschnittenen Theile des Thales. In Folge dessen lagern sich an solchen Stellen Sedimente ab, der Fluss nimmt darin einen gewundenen Lauf an, er benagt die Seitenwände des Thales und der Thalboden erweitert sich in der durch die Horizontalprojektion (Fig. 87) dargestellten Art und Weise. In den festen Bänken selbst dagegen verwendet das Wasser alle Arbeit auf die Tieferlegung des Kanales, es fliesst schnell hindurch und bildet dabei entweder einen Fall, oder es stürzt

Fig. 87.



in einer Reihe von Kaskaden auf die nächsttiefere Thalstufe hinab, verursacht dadurch im Beginne derselben Wirbel und wäscht je nachdem kleine, aber tiefe, oder grössere, weniger tiefe Höhlungen aus, und als Resultat ergiebt sich schliesslich ein Wechsel von beckenartigen Thalerweiterungen mit ebener Oberfläche und verbindenden Thalengen mit starkem Gefälle. Wenn die härteren Gesteinsbänke eine grössere Mächtigkeit erlangen, so können die Thalböden schliesslich eine Reihe von über einander liegenden Terrassen darstellen. Steigt die Erosionsfläche sehr steil über härteres und weicheres, kurzwechselndes Gestein an und wird sie von einem Wildbach durchströmt, so entsteht eine Reihe von kurz hinter einander folgenden Kaskaden, wie in Figur 88.

Wenn die Schichten in der Richtung des strömenden Wassers einfallen, wie in Figur 89, so entsteht ein ähnlicher Wechsel von langsameren und schnelleren Strömungen, aber mit minder scharfen Uebergängen.

Aber nicht nur einzelne Gesteinsschichten vermögen durch ihre abweichende Härte im Gelände sich herauszuheben, sondern auch

Fig. 88.



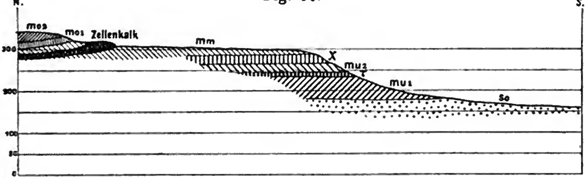
Fig. 89.



ganze Formationen können erhebliche Unterschiede in der allgemeinen Terraingestaltung erzeugen, sofern die mittlere Widerstandsfähigkeit der sie zusammensetzenden Gesteine eine verschiedenartige ist. So konnte im Hessischen vielfach die Grenze des mittleren gegen den unteren Buntsandstein daran erkannt werden, dass im Terrain ein Absatz sich fand, von welchem aus ein steilerer Anstieg begann. Derselbe wird in diesem Falle durch das Zurücktreten der im unteren Buntsandstein häufigen Lettenschichten bedingt; andererseits bildet der obere Buntsandstein, der Röth, in Folge seiner vorherrschenden Zusammensetzung aus weicheren, thonigen und mergeligen Gesteinen, flach geneigte Böden, die sich auf die steileren Anstiege des mittleren Buntsandsteins auflegen. Eine noch viel mehr in die Augen fallende Terrainstufe bildet die nächsthöhere Formationsgrenze, in welcher die harten Kalksteine des Wellenkalkes sich auf den Röth auflegen. Auf diesen in Erosionsgebieten meist sehr steil ansteigenden unteren Theil der Muschelkalkformation legt sich der aus milden Mergeln bestehende

mittlere Theil dann wieder mit um so sanfteren, flacheren Terrainformen auf, um seinerseits mit einer meist jäh abbrechenden, wenn auch nur ein paar Meter hohen Kante den Beginn des oberen Muschelkalkes anzuzeigen. In diesem letzteren sind es die ausserordentlich harten Trochitenbänke, die fast durch den ganzen deutschen Muschelkalk hindurch eine scharf sich heraushebende Terrainstufe bedingen. Ausgezeichnete Beispiele für diesen Wechsel des Reliefs in der Trias bietet die Umgegend von Jena, wo in einem quer zum Saalthal gelegten Profil, welches vom oberen Muschelkalk bis auf die untere Grenze des Röth hinabreicht, die Einflüsse der verschiedenen Formationsabtheilungen auf die Bodengestaltung in der Weise zum Ausdruck gelangen, wie es Figur 90 darstellt.

Fig. 90.



Ganz ähnliche Verhältnisse sind es, welche den Steilabfall des Schwäbischen Jura, der Rauhen Alb, nach Norden bedingen. Auf die im Allgemeinen weichen, von Lias und braunem Jura eingenommenen, in flachen Terrainwellen sich bewegenden Gebiete nördlich der Alb legen sich die zum grossen Theil aus harten Korallen- und Schwammkalken bestehenden Kalksteine des weissen Jura auf und erzeugen durch ihre viel grössere Widerstandsfähigkeit jenen landschaftlich so ausserordentlich reizvollen, schroffen Gebirgsrand.

Selbst petrographisch einander nahestehende Gesteine können in Folge von Strukturverschiedenheiten Unterschiede in der Herausbildung der Terrainformen bedingen. So konnten im Erzgebirge Massen von Granitporphyr, die den petrographisch dort ganz ähnlichen Gneiss durchsetzen, in ihren Grenzen nach einer Terrainstufe verfolgt werden, von welcher aus das Gelände im Granitporphyr steiler ansteigt.

Kapitel 19.

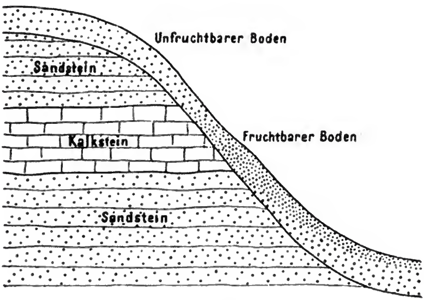
4. Beobachtung der Vegetation und Fruchtbarkeit.

Auch das grüne Kleid, welches den Boden bedeckt, kann für die Beurtheilung der unterlagernden Gesteine und für die Aufsuchung der geologischen Grenzen von Bedeutung werden. Da nämlich nicht jede Pflanze mit jedem Boden vorlieb nimmt, sondern an denselben bestimmte Anforderungen stellt, entweder bezüglich seiner chemischen Zusammensetzung oder mit Rücksicht auf bestimmte physikalische Verhältnisse, so tritt nach diesen Gesichtspunkten in der Natur eine Sonderung der Vegetation in grosse Pflanzengenossenschaften ein, und man kann im Allgemeinen darauf rechnen, auf dem gleichen Boden und bei übereinstimmender Kulturart (Wald, Feld, Wiese, Haide etc.) gewisse Pflanzengenossenschaften wiederzufinden. Da wo die Unterschiede in der Zusammensetzung des Gesteins am schärfsten sind und vor allen Dingen da, wo sich dieselben auf pflanzenphysiologisch wichtige Bodenbestandtheile beziehen, da ist auch der Unterschied in der Bedeckung des Bodens durch Bäume, Sträucher und Kräuter am meisten in die Augen springend. Ich kenne keinen schärferen Gegensatz der Vegetation als zwischen den an Kalk und Alkalien armen Kulmböden des Oberharzes und dem als stockförmige Masse sie durchragenden oberdevonischen Korallenkalkstocke des Iberges: auf der einen Seite, auf dem sterilen, steinigen Grunde Fichtenhochwald, auf dessen nadelbedecktem Boden fast keine Spur von Unterholz oder niedriger Vegetation sich findet, — auf der anderen Seite, abgegrenzt durch eine wie mit dem Lineal gezogene Linie, auf warmem, lockeren Boden prächtiger Buchenwald und auf dem Grunde desselben eine üppige Vegetation von Gräsern, Farnen, zahlreichen Blüthenpflanzen und üppigem, buschigen Unterholze. Hier ist es vor allen Dingen der Gehalt an kohlensaurem Kalke, welcher die Aenderung des Pflanzenbildes bedingt, und wir sehen solchen Wechsel in der Vegetation überall da wiederkehren, wo in kalkfreien oder kalkarmen Schichten sich Einlagerungen finden, die an diesem Pflanzennährstoffe reich sind. So heben sich z. B. auf Blatt Liebengrün im Frankenwalde die Diabasgänge in Folge ihres kalk- und alkalireichen Verwitterungsbodens auch floristisch ausgezeichnet von den kalkarmen Kulmböden ab und tragen als Charakterpflanzen den

Kellerhals (Daphne Mezereum), den Türkenbund (Lilium Martagon) und die bald roth-, bald gelbblüthige Orchis sambucina.

Wie der Unterschied der Fruchtbarkeit des Bodens zur Auffindung geologischer Grenzen benützt werden kann, mag auch die Figur 91 zeigen, bei der man sich die Böschung natürlich bedeutend flacher zu denken hat. Zwischen einer Sandsteinfolge

Fig. 91.



lagert in halber Höhe des Gehänges eine Kalksteinfolge. Während der obere Theil des Gehänges und das Plateau aus unfruchtbarem Sande besteht, stellt sich von der Stelle an, wo die hangendste Kalkbank ausstreichen würde, im Sande ein Kalkgehalt ein, der die Fruchtbarkeit wesentlich erhöht und das Aussehen der Felder ändert. Die nach unten hin wieder stark zunehmende Beimengung sandigen Materials weist auf das Vorhandensein einer zweiten Sandsteinfolge im Liegenden des Kalkes hin.

Auf den grösseren Reichthum an Pflanzennährstoffen ist es auch zurückzuführen, wenn die schmalen Streifen, in denen Eruptivgesteinsgänge die Oberfläche schneiden, von den Landleuten wohl gekannt und wegen ihrer grösseren Fruchtbarkeit hoch geschätzt sind. So berichtet Zimmermann einen solchen Fall, dass ein kalireicher, schmaler Gang von Tonalit-Porphyrit in den minder fruchtbaren Schiefergebieten des Frankenwaldes auffällig durch seine Fruchtbarkeit sich auszeichnet. Auch da, wo Gehängewiesen den Schichtenaufbau vollständig verhüllen, verrathen sich eingeschaltete Kalklager oder durchsetzende Eruptivgesteine mit grösserem Reichthum an Pflanzennährstoffen bisweilen durch bandartige, die Wiesen

durchziehende Streifen üppigeren, dunkelgrünen Graswuchses. Andererseits sind sterile Flächen gleichfalls durch besondere Pflanzengemeinschaften ausgezeichnet und können aus der Verbreitung derselben manchmal in ihren Umrissen deutlich erkannt werden, ja es können selbst bestimmte Kulturpflanzen bei der Beurtheilung geologischer Fragen in Betracht kommen. So berichtet Liebe als eine allgemeine Erfahrung aus Ostthüringen, dass die im übrigen äusserst sterilen, fast nur aus Quarz bestehenden Sande und Konglomerate des Oligozän ganz hervorragend für das gute Gedeihen von Kirschbaumplantagen geeignet sind, so dass dieselben auf grossen Flächen die einzige Kulturpflanze solcher Böden darstellen.

Ein Gegenstück zu dem oben angeführten Falle des Iberges, nämlich das Auftreten hervorragend steriler Flächen innerhalb mässig fruchtbarer, finden wir da, wo in alten krystallinischen Gesteinen lagerförmige Massen von Serpentin eingeschaltet sind. Der an und für sich steinige, wenig Ackerkrume liefernde Verwitterungsboden dieses Gesteines besitzt so gut wie gar keinen Pflanzennährstoff, und in Folge dessen heben sich die von ihm eingenommenen Gebiete als ausserordentlich vegetationsarme, kahle, zum grossen Theile felsige Partien aus der Umgebung heraus; mit Ausnahme von einigen Gräsern, Flechten, Moosen und wenigen anspruchslosen, kleinen Blüthenpflanzen ist er der Vegetation bar, und nur in feuchten Felsspalten gedeihen an manchen Oertlichkeiten einige für ihn charakteristische Pflanzen, zwei kleine Farnkräuter, Asplenium adulterinum Milde, eine Abart von Asplenium viride, mit unten glänzend schwarzbraunem, an der Spitze grünem Stiel, und Asplenium serpentini Tausch, eine Verwandte von Asplenium adiantum nigrum.

Eine andere Gruppe von Pflanzen zeichnet diejenigen Böden schon oberflächlich aus, in welchen, in den meisten Fällen durch von unten aufsteigende Quellen, der Boden eine grössere Anreicherung mit Kochsalz erfahren hat. Es sind dies vielfach Pflanzen, die im Uebrigen nur noch an den Küsten der benachbarten Meere die Bedingungen für gedeihliche Existenz finden und durch ihre Anhäufung an isolirten Stellen des Binnenlandes, sowie durch ihr auffälliges Aussehen schon frühzeitig die Aufmerksamkeit auf solche Stellen gelenkt haben.

Wenn ich im Folgenden eine Aufzählung der wichtigsten für die aufgeführten Bodenarten charakteristischen Pflanzen gebe, so

ist dieselbe immer mit der Einschränkung zu benützen, dass eine einzelne Pflanze an sich noch keine genügende Beweiskraft besitzt, sondern dass erst das Zusammenvorkommen einer Anzahl derartiger charakteristischer Pflanzen in immer wiederkehrender Gemeinschaft dem Geologen bei der Ableitung der Verbreitung gewisser Schichten aus der Vegetation zum Anhalt dienen darf.

1. Von Pflanzen, die besonders auf kalkreichem oder mindestens nicht daran armem Boden gedeihen, mögen hier folgende genannt werden:

a) im Walde, an Waldrändern, in Gebüschen:

Pulsatilla vulgaris Mill.
Anemone silvestris L.
Arabis hirsuta Scop.
Hutchinsia petraea R. Br.
Dictamnus albus L.
Potentilla arenaria Barkh.
Bupleurum longifolium L.
Peucedanum officinale L.
Laserpitium latifolium L.
Cornus mas L.
Viburnum Lantana L.
Aster Amellus L.
Inula germanica L.
Inula salicina L.
Centaurea montana L.
Lactuca perennis L.
Hieracium praealtum Vill.
Gentiana cruciata L.
Gentiana ciliata L. und viele andere Gentianen.
Lithospermum purpureo-coeruleum L.
Orchis pallens L.
O. sambucina L.
Ophrys muscifera Huds.
Anacamptis pyramidalis Rich.
Cephalanthera grandiflora Babington
Cephalanthera rubra Rich.
Epipactis rubiginosa Gaud.
Cypripedium Calceolus L.
Thesium montanum Ehrh.

b) Auf Feldern, an Wegen, Triften, trockenen Weiden, sonnigen Abhängen:

Adonis aestivalis L.
Adonis vernalis L.
Nigella arvensis L.
Erysimum orientale R. Br.
Erysimum odoratum Ehrh.
Linaria Elatine Mill.
Anthyllis vulneraria L.
Viele Orobanche-Arten.
Bupleurum rotundifolium L.
Orlaya grandiflora Hoffm.
Scandix pecten Veneris L.
Caucalis daucoides L.
Anagallis coerulea Schreb.
Sesleria coerulea Schreb.
Stipa pennata L.
Stipa capillata L.
Teucrium montanum L.
Carlina acaulis L.

c) Wiesen, feuchte Gräben:

Tussilago Farfara L.
Orchis ustulata L.
Orchis Rivini Gouan.

Viele dieser Pflanzen finden sich in dem einen Gebiete nur auf ausgesprochenem Kalkboden, während sie in anderen Gebieten

auch auf schwereren thonigen und lehmigen, dabei aber völlig kalkfreien Böden angetroffen werden. Dahin gehören von obigen Pflanzen z. B. Tussilago Farfara L., Orchis Rivini Gouan, Anthyllis vulneraria L. und von anderen Lathyrus tuberosus L., Veronica opaca Fr., Valerianella olitoria Much., Lactuca Scariola L., Specularia speculum D. C. fil. u. a.

2. Manche Pflanzen wachsen mit Vorliebe auf Gypsbergen, wobei es dahin gestellt bleiben muss, ob der schwefelsaure Kalk an sich sie dazu einladet oder die fast immer mit demselben zusammen vorkommenden Mengen von kohlensaurem Kalke. Solche Pflanzen sind beispielsweise:

Helianthemum Fumana Mill.
Gypsophila fastigiata L.
Silene Otites Sm.
Oxytropis pilosa D. C.
Astragalus exscapus L.
Coronilla montana Scop.
Thesium intermedium Schrad.

3. Pflanzen, die einen in der Hauptsache aus Quarz gebildeten Sandboden bevorzugen, sind die folgenden:

Teesdalea nudicaulis R. Br.
Spergula arvensis L.
Spergularia rubra Presl.
Hypericum pulchrum L.
Hypericum humifusum L.
Genista pilosa L.
Radiola linoides Gmel.
Filago arvensis Fr. und andere Arten.
Jasione montana L.
Trifolium agrarium L.
Vaccinium vitis Idaea L.
Linaria arvensis Desf.
Stachys arvensis L.
Pinus silvestris L.
Luzula campestris D. C.
Carex arenaria L.
Carex praecox Schreb.
Sedum acre L.
Viola tricolor L.
Ornithopus perpusillus L.
Helichrysum arenarium D. C.
Rumex Acetosella L.
Dianthus arenarius L.
Astragalus arenarius L.
Anchusa arvensis M. B.
Plantago arenaria W. K.
Arnoseris minima L. K.
Hieracium Pilosella L.

4. Von wichtigen Salzpflanzen seien die nachstehend verzeichneten angeführt:

Spergularia salina Presl.
Stellaria glauca Wither.
Capsella procumbens Fr.
Althaea officinalis L.
Artemisia maritima L.
Aster Tripolium L.
Lactuca saligna L.
Samolus Valerandi L.
Glaux maritima L.
Plantago maritima L.
Plantago coronopus L.
Apium graveolens L.
Bupleurum tenuissimum L.
Statice Limonium L.
Suaeda maritima Dum.
Salicornia herbacea L.
Obione pedunculata Moqu. Tand.
Rumex maritimus L.

Triglochin maritima L.
Ruppia rostellata Roch.
Zannichellia palustris L.
Juncus Gerardi Loisl.
Scirpus maritimus L.
Carex secalina Wahlb.
Hordeum secalinum Scherb.

5. Auch das Torfmoor hat seine eigenthümliche Flora. Zu derjenigen des Hochmoors gehören vorwiegend kleine strauchartige Pflanzen, wie:

Erica Tetralix L.
Calluna vulgaris Salisb.
Ledum palustre L.
Myrica Gale L.
Andromeda poliifolia L.
Vaccinium uliginosum L.
Vaccinium Oxycoccus L.
Empetrum nigrum L., ferner
Eriophorum vaginatum L. und
Drosera anglica Huds.

sowie eine Reihe von Moosen aus der Gruppe der Sphagneen.

Auf Niederungsmooren dagegen finden sich alle diese Sträucher nur vereinzelt, während die Hauptmasse der Vegetation aus Gramineen, Cyperaceen und vor Allem Cariceen besteht, zwischen denen zahlreiche Moose gewöhnlich nicht fehlen. Eine Charakterpflanze frischer Torfstiche ist Senecio paluster D. C.

Kapitel 20.

5. Beobachtung von Wasseraustritt.

6. Beobachtung von Flussgeröllen.

5. Beobachtung von Wasseraustrittsstellen: Wenn in einem Schichtensysteme undurchlässige Schichten mit solchen wechsellagern, die sich gegenüber dem Wasser durchlässig verhalten, so tritt das in den letzteren aufgespeicherte Wasser, wenn anders die Lagerungsverhältnisse der Schichten dies gestatten, oberhalb der undurchlässigen Schichten zu Tage; je nach der Mächtigkeit der wasserführenden Schichten und nach den Neigungsverhältnissen wird dieser Wasseraustritt entweder sich dadurch äussern, dass eine Quelle oder eine Reihe von Quellen auf der betreffenden Grenzfläche ihren Austritt nehmen, oder dass bei geringen Mengen des austretenden Wassers es nicht zur eigentlichen Quellbildung kommt, sondern nur eine oft auf kleine Flächen („Nassgallen“) beschränkte Durchfeuchtung des Bodens sich einstellt, die entweder jahraus jahrein dauernd ist, oder in der trockenen Jahreszeit verschwindet.

Im ersteren Falle führt sie in den meisten Fällen zur Bildung versumpfter Stellen, an welchen meistentheils eine üppige Vegetation von Binsen, Riedgräsern, Schachtelhalmen und anderen wasserliebenden Pflanzen sich ansiedelt, oder wenn die Untergrundsverhältnisse und die Beschaffenheit des Wassers hierfür günstige sind, zur Entstehung kleinerer oder grösserer Moorbildungen oder Kalktuffabsätze. In einem späteren Kapitel, in welchem die Aufsuchung von Quellen und von Grundwasser ausführlich behandelt ist, wird über diese Verhältnisse eingehende Mittheilung gemacht, und es mag hier nur darauf hingewiesen werden, von welcher Bedeutung die Austritte unterirdischer Gewässer für die Feststellung geologischer Grenzen sind.

Sobald der aufnehmende Geologe an solche Punkte kommt, an denen Quellen, Moore, Gehängemoore, Sümpfe, Kalktuffbildungen, oder nasse Stellen einen Grundwasseraustritt anzeigen, hat er die Pflicht, sich darüber klar zu werden, welchen Ursachen diese Erscheinung zuzuschreiben ist, und in den weitaus meisten Fällen wird es ihm gelingen, zu diesem Verhalten einen Schlüssel zu finden, mit dessen Hülfe wichtige Beobachtungen über die Verbreitung einzelner Gesteinsglieder zu machen sind, und durch die Verfolgung solcher Wasseraustritte Anhaltepunkte für das Ziehen seiner Grenzlinien zu gewinnen.

6. Beobachtung des von Flüssen und Bächen transportirten Materials: In derselben Weise, wie das an Gehängen durch seine eigene Schwerkraft und durch abfliessendes Regen- und Schneeschmelz-Wasser nach unten transportirte Gesteinsmaterial, können auch diejenigen Gesteinsbruchstücke für die Aufsuchung geologischer Grenzen nutzbar gemacht werden, die von Flüssen und Bächen transportirt werden. Es ist klar, dass die Gerölle, welche im Bette eines Flusses oder im Hochwassergebiete desselben auftreten, eine bunte Musterkarte von allen denjenigen Gesteinen geben müssen, die in dem von dem betreffenden Gewässer und seinen Zuflüssen durchflossenen Gebiete an der Oberfläche anstehend sich finden.

Die relative Häufigkeit der einzelnen Gesteine wird naturgemäss abhängig sein von der Grösse der Flächen, die von den einzelnen Gesteinen in dem zugehörigen Gebiete eingenommen werden. Daneben aber spielt die grössere oder geringere Härte und Festigkeit, sowie die chemische Löslichkeit der Gesteine eine wesent-

liche Rolle. Zunächst nämlich werden diejenigen Gesteine in relativ grösserer Häufigkeit auftreten, die eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen die abschleifenden und auf Zertrümmerung der Gesteinsbruchstücke gerichteten Kräfte des bewegenden Wassers besitzen. Wenn beispielsweise in einem Gebiete lockerer Sandstein in überwiegender Menge, harte Quarzitbänke in demselben aber nur untergeordnet sich finden, so kann trotzdem das vom fliessenden Wasser transportirte Material eine bedeutend grössere Menge von Quarzitgeröllen zeigen, da diese der Abrollung kräftigeren Widerstand zu leisten vermögen, als die weichen Sandsteine, die schnell zu feinem Sande zerrieben werden. Andererseits liefert mancher Quarzit überhaupt kein Gerölle, weil die betreffende Varietät zu zäh und kompakt ist, als dass sie in so kleine Stücke zerfiele, wie sie zum Transporte im Flusse geeignet sind. Ferner haben schwer lösliche und unlösliche Gesteine einen Vorzug vor leichter löslichen, so dass man beispielsweise Gerölle von Gyps niemals in einem Flusse findet, während solche von Kalkstein zwar sehr häufig vorkommen, aber wiederum bei weitem nicht so weit flussabwärts transportirt werden, wie gleich feste, aber ganz unlösliche Sandsteine oder Grauwacken.

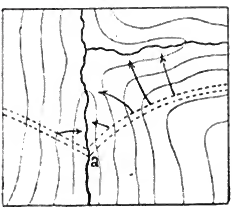
In wie hohem Masse die beiden genannten Faktoren, Widerstandsfähigkeit gegen mechanische und chemische Angriffe, die Mengenverhältnisse der Gerölle eines Flusses bedingen, dafür mag als Beispiel der Saalekies bei Jena angeführt werden, in welchem von Thüringerwaldgesteinen fast nur solche des Kulm und Kambrium zu finden sind, während die Gebiete des Silur und Devon, des Zechsteins und Buntsandsteins wegen des Vorherrschens weicher Schiefer, Sandsteine, Kalke und Dolomite fast gar kein Geröllmaterial geliefert haben.

Wenn man das Schottermaterial der Flüsse und Bäche zur Aufsuchung geologischer Grenzen benützen will, so wird man zunächst dasselbe sorgsam daraufhin zu untersuchen haben, welche Gesteinstypen an seiner Zusammensetzung sich betheiligen, und wird dann, indem man sich flussaufwärts bewegt, sorgfältig darauf achten, ob man an Stellen kommt, wo eines der beobachteten Gesteine ganz aufhört. Man wird dann vermuthen können, dass an dieser Stelle an den Gehängen des Thales die betreffende Schicht ihren äussersten stromaufwärts gelegenen Verbreitungspunkt in dem Stromgebiete des betreffenden Flusses besitzt. Mündet an einer solchen Stelle in das Hauptthal ein Nebenthal ein, so ist zu prüfen,

ob das betreffende Gestein im Nebenthale sich noch findet, oder ob es gar ausschliesslich aus demselben herrührt, und es ist mit der weiteren Verfolgung desselben dann in diesem Nebenthale und in dessen eventuellen Verzweigungen fortzufahren. Als einen gewissen Beweis dafür, dass man sich dem Orte nähert, wo ein bestimmtes Gestein zum ersten Male im Flusse erscheint, kann man den Umstand betrachten, dass die Gesteinsbruchstücke grösser werden und geringere Spuren von Abrollung zeigen, dass sie also noch mehr oder weniger kantig sind und je weiter flussaufwärts, desto mehr scharfkantige Ecken darbieten. Wo ein Gestein im Flusse endigt, das auf einer gewissen Strecke eine hervorragende Rolle unter den Schottermassen gespielt hat, wird man die Beobachtung machen, dass dasselbe in dieser Rolle durch ein anderes Gestein ersetzt wird, von welchem man dann vorläufig anzunehmen hat, dass es das nächste ist, dessen Grenze man flussaufwärts antreffen wird. Man verfährt in dieser Weise, indem man die Thäler und ihre Verzweigungen eine nach der anderen beläuft und die dabei gewonnenen geologischen Grenzen durch einen durch den Thalboden gezogenen kurzen Grenzstrich markirt. Eine Ausnahme kann eintreten, wenn die Verhältnisse so liegen, wie in dem in Figur 92 dargestellten Falle.

Bei *a* durchsetzt eine Schicht das Bett des südwärts fliessenden Flusses; der Punkt ist, wenn er direkt beobachtet wurde, natürlich als Grenzpunkt in die Karte einzutragen, obwohl der Fluss auch noch oberhalb dieser Stelle Gerölle des betreffenden Gesteins enthält und auch das nächste stromaufwärts folgende Seitenthal sie noch enthält, aus Gründen, die ein Blick auf die im Bilde durch Pfeile angedeuteten Verschotterungsrichtungen erkennen lässt.

Fig. 92.



Selbstverständlich brauchen die Schichten, aus denen der Fluss Gerölle führt, nicht im Flussbette anzustehen, sondern können ebenso gut hoch oben am Gehänge ausstreichen, überhaupt innerhalb desjenigen Gebietes, welches dem betreffenden Flusse tributär ist.

Grosse Sorgfalt ist bei einer derartigen Methode des Aufsuchens geologischer Grenzpunkte der Frage zu widmen, ob die abgerollten Flussgeschiebe von anstehendem Gestein herrühren, oder ob sie aus

in einer früheren Periode in einem höheren Niveau abgelagerten jüngeren losen Kiesen und Schottern oder gar aus älteren Konglomeraten herrühren. Massgebend für die Entscheidung dieser Frage wird im Allgemeinen die Beobachtung sein, ob die betreffenden Gesteine bis zu dem Punkte ihres Aufhörens im Flussbette dieselben gleichmässigen und intensiven Spuren der Abrollung und des Wassertransportes zeigen, oder ob sie, wie bereits angedeutet wurde, gegen das Ende ihrer Verbreitung hin eine mehr eckige Beschaffenheit annehmen.

In manchen Fällen wird es gleichgültig sein, ob das Schottermaterial von anstehendem Gestein oder von älteren Flussablagerungen abzuleiten ist, nämlich immer dann, wenn alle anderen Umstände dafür sprechen, dass der Lauf des Flusses in der jüngeren geologischen Zeit oder seit seiner Entstehung keinerlei Veränderungen erfuhr, dass also das Entwässerungsgebiet das gleiche geblieben ist. Anders aber liegt die Frage, wenn sich Beweise dafür erbringen lassen, dass in früheren Zeiten der Lauf der Flüsse ein anderer war, und dass diese in ihrem älteren, höher gelegenen Laufe Material von Gebieten herbeiführen konnten, die dem Einflusse des betreffenden Gewässers bei seinem tieferen Einschneiden oder bei durch andere Umstände bedingten Stromverlegungen nicht mehr zugänglich waren. In solchem Falle können derartige Fragmente von dem heutigen Entwässerungsgebiete nicht angehörenden Gesteinen werthvolle Anhaltepunkte für die Feststellung älterer Flussläufe bieten, eine Frage, über die im Schlusskapitel des Abschnittes über Kartenaufnahmen noch Weiteres zu finden ist.

Kapitel 21.

Die Eintragung der ermittelten Grenzpunkte. Die Bestimmung der Höhenlage unzugänglicher Punkte.

Um einen ermittelten Grenzpunkt seiner Lage nach genau in die Karte eintragen zu können, muss man die Entfernung desselben von einem in der topographischen Unterlage angegebenen Punkte kennen. Man ermittelt sie am schnellsten und in genügend zuverlässiger Weise durch Abschreiten. Voraussetzung ist, dass man genau das Verhältniss der Länge seines Schrittes zum Meter kennt. Man thut gut, durch Abschreiten auf ebener Chausseestrecke und Zählen der Schritte zwischen je zwei 100 m von einander

entfernten Chausseesteinen sich einen Mittelwerth für das Verhältniss von Schritt zu Meter zu verschaffen. Für einen mittelgrossen Menschen ist im Allgemeinen das Verhältniss 5 : 4; es ist nicht schwer, durch Ueben sich eine solche Schrittlänge anzueignen, welche die Umrechnung in den Metermassstab der Karte sehr erleichtert. Für sandigen oder aufgeweichten Weg, für mit Saat bestandenen Ackerboden und für Wiesen braucht man etwas mehr Schritte für die gleiche Strecke, als auf hartem Wege; das Verhältniss ist etwa 0,96 : 1. Noch etwas kürzer werden die Schritte auf frisch gepflügtem oder geeggtem Acker und man thut gut, durch Abschreiten von Vergleichsstrecken auf einem Wege und dem neben demselben liegenden Acker auch dieses Verhältniss ein für alle Mal festzustellen. Es ist ferner daran zu erinnern, dass ein ermüdeter Mensch kürzere Schritte macht, als ein körperlich frischer; auch dieses Verhältniss ist etwa mit 0,96 : 1 anzunehmen.

Handelt es sich um Abschreitungen auf geneigten Strecken, so ändert sich das Verhältniss von Schritt und Länge mit dem Neigungswinkel. Man thut am besten, auch solche Strecken in der gewöhnlichen Gangart abzuschreiten und die durch die Neigung bedingte Verkürzung der Schritte nach eigens gesammelten Erfahrungen in Rechnung zu bringen. Man schreitet zu diesem Zwecke Wegelängen von bestimmter Neigung mehrmals ab und berechnet aus dem erhaltenen Mittel die Schrittlänge. Dasselbe ist natürlich auch für den Fall erforderlich, dass man auf einer geneigten Fläche bergab geht, wobei eine mit der Neigung in anderer Weise abnehmende Verkürzung des Schrittes eintritt. J o r d a n hat die Veränderung des Normalschrittes auf Flächen von verschiedener Neigung aufwärts und abwärts durch Versuche festgestellt und giebt folgende Werthe:

Setzt man den Normalschritt = 1, so ist die Länge des Schrittes

bei einer Neigung von	beim Aufwärtsgehen	beim Abwärtsgehen
5°	0,91	0,97
10°	0,81	0,94
15°	0,73	0,91
20°	0,65	0,87
25°	0,58	0,78
30°	0,49	0,65

Es verhält sich also die Zahl der Schritte abwärts zu aufwärts

bei 5°	wie 1 : 1,06	bei 20°	wie 1 : 1,34
„ 10°	„ 1 : 1,16	„ 25°	„ 1 : 1,34
„ 15°	„ 1 : 1,25	„ 30°	„ 1 : 1,33

Die ermittelten Schrittlängen bei geneigten Flächen sind nun in Horizontalmeter umzurechnen. Wenn man den Höhenunterschied des in der Karte enthaltenen Fixpunktes gegen den beobachteten Grenzpunkt entweder nach den Isohypsen der Karte oder durch Aneroid oder durch Handnivellement festgestellt hat, so kann man die Umrechnung nach der folgenden von Kahle gegebenen Tabelle vornehmen. Dieselbe giebt an, um wieviel die auf einen Meter Höhenunterschied gemachte Schrittzahl n zu vermindern ist, um Horizontalmeter zu ergeben. Die Tabelle gilt für einen Normalschritt von 0,8 m Länge und für Aufwärtsschreiten. Beim Abwärtsschreiten erhaltene Schrittzahlen sind zunächst nach der vorigen Tabelle umzurechnen.

n	d	n	d
4,3	2,6	9	3,0
4,5	2,5	10	3,1
5,0	2,5	15	4
5,5	2,5	20	5
6	2,5	25	6
7	2,7	30	7
8	2,8	50	11

Beispiel: Zur Zurücklegung der Entfernung von zwei Punkten, deren Höhenunterschied 9,8 m beträgt, braucht man beim Aufwärtssteigen 61 Schritte, auf 1 m Höhe also $\frac{61}{9,8} = 6,2$ Schritte. Die Tabelle giebt für 6,2 einen Abzug von 2,5. Wir erhalten also die Länge für 1 m Unterschied $= 6,2 - 2,5 = 3,7$ Horizontalmeter und für die ganze Länge $9,8 \times 3,7 = 36$ m.

Wenn es darauf ankommt, an sehr steilen Gehängen die Lage eines geologischen Grenzpunktes zu bestimmen, so liefert natürlich die Abschreitung kein zuverlässiges Ergebniss mehr. Man wird sich in solchem Falle vielmehr darauf beschränken, die Höhe des Ausstrichpunktes über einem gegebenen Punkte der Karte festzustellen und dem letzteren dann nach der Lage der Isohypsen seinen Platz in der Karte anzuweisen. Selbst wenn die Höhenlinien das Terrain nicht genau wieder geben, thut man doch besser, die richtige Höhenlage, als den richtigen Punkt auf falscher Höhenlinie einzutragen, da im letzteren Falle ganz falsche Schlüsse über die Mächtigkeit der Schicht sowie über ihre Lagerungsverhältnisse veranlasst werden könnten oder man berichtigt die Kartenunterlage.

Zur Bestimmung der Höhenlage des Grenzpunktes bedient man sich entweder eines Aneroids oder eines Handnivellirinstrumentes.

a) Aneroid. Wenn es sich um kleinere Höhendifferenzen bis zu 30 m und um die Erlangung eines einigermassen sicheren Resultates handelt, so braucht man ein grösseres Instrument mit etwa 11 cm Skalendurchmesser, welches Ablesungen auf etwa 2 m Genauigkeit gestattet. Ist eine derartige Genauigkeit nicht erforderlich, so genügt ein Durchmesser von 6—7 cm. Noch kleinere Aneroide sind für unseren Zweck nicht verwendbar. Wenn es sich nur, wie in unserem Falle, darum handelt, die Höhendifferenz zweier Punkte festzustellen, so braucht man sich um den jeweiligen Luftdruck nicht zu kümmern, sondern man nimmt, wenn die beiden Ablesungen kurz nach einander gemacht werden, an, dass derselbe unverändert geblieben ist. Man stellt, wenn man ein Aneroid mit doppeltem Theilkreise besitzt, die Höhe des durch die Karte bekannten Punktes auf den daselbst abzulesenden Barometerstand ein und kann nun die Höhendifferenz mit dem gesuchten Punkte und die ungefähre absolute Höhenlage des letzteren ohne Weiteres ablesen.

b) Als Ersatz für ein immerhin ziemlich theures, grosses Aneroid kann man sich eines Verfahrens der Höhenmessung bedienen, welches eine Art Nivellement mit einfachsten Hülfsmitteln darstellt. Als Messungsinstrument dient die geschlossene Kanalwage[1]). Dieselbe besteht aus einer etwa 1 cm starken, kreisförmig oder rechteckig gebogenen, geschlossenen Glasröhre, welche zur Hälfte mit einer gefärbten Flüssigkeit gefüllt ist. Will man die Höhe eines ermittelten Grenzpunktes über einem bekannten Punkte feststellen, so beginnt man das Nivellement am letzteren. Man bringt die Kanalwage in solche Stellung, dass das Auge mit den beiden Niveaus der Flüssigkeit in gleicher Ebene liegt (Fig. 93), und zielt nun in der Richtung des Weges das Terrain an. Dadurch ermittelt man einen Punkt am Boden, der so hoch über dem Ausgangspunkte liegt wie das Auge des Beobachters. Man merkt sich nun diesen Punkt an kleinen Unebenheiten des Bodens, Steinchen, Halmen, Blättern oder einem anderen ins Auge fallenden Gegenstande, behält ihn während des Daraufzuschreitens im Auge und stellt sich auf ihm auf, um den

Fig. 93.



[1]) Zeitschr. f. prakt. Geol. 1896. S. 10.

nächsten, ebenso viel höheren Punkt zu ermitteln. Die Wage lässt sich bei einiger Uebung sehr ruhig halten. Ob die Wagerechte durch beide Flüssigkeitsniveaus das Auge trifft, lässt sich besser feststellen, wenn man die Wage so weit dreht, dass die beiden Niveaus scheinbar unmittelbar neben einander liegen, so dass man zwischen beiden hindurchzielt. — Man verfährt nun so weiter, bis man den letzten Punkt unterhalb der beobachteten Grenze einvisirt hat. Die dann noch übrig bleibende Differenz wird geschätzt. Die absolute Höhe des Punktes ist nun gleich der Zahl der Ablesungen, multiplizirt mit der Augenpunkthöhe. Die letztere muss man sich für seinen Körper dadurch ermitteln, dass man eine Zimmerwand mehrere Male hinter einander anvisirt, die ermittelte Höhe misst und aus den verschiedenen Resultaten das Mittel nimmt.

Auf weichem Acker, wo der Fuss etwas einsinkt oder auf junger Saat, wo man die Oberfläche der Saat anvisirt und mit dem Fusse tiefer steht, hat man den Werth für die Augenhöhe ein wenig zu verringern.

Auch an senkrechten, völlig unzugänglichen Wänden kann man die Höhenlage eines Grenzpunktes mit Hülfe der Kanalwage ermitteln. Dieselbe muss zu diesem Zwecke eine angeklebte oder eingeätzte Gradeintheilung besitzen, welche es gestattet, den Winkel direkt abzulesen, den die Längsseite mit der Horizontalebene bildet.

Man visirt den gesuchten Punkt von zwei Stellen einer auf ihn zulaufenden horizontalen Standlinie, etwa den beiden Seiten eines unterhalb der Felswand vorüber führenden Weges an, notirt die beiden erhaltenen Winkel, misst durch Abschreiten die Länge der Basis und berechnet nun die Höhe des Punktes entweder trigonometrisch oder durch Eintragen der Winkel und Längen in Millimeterpapier und direkte Abmessung. In beiden Fällen ist zu dem erhaltenen Resultate die Augenhöhe hinzuzufügen.

Manchmal wird es möglich sein, einen Punkt zu erreichen, der mit dem gesuchten unzugänglichen sich in gleicher Höhe befindet und von dem aus er sichtbar ist; in diesem Falle kommt man schneller zum Ziele, wenn man die Höhe des zugänglichen Punktes durch Aneroid oder Kanalwage ermittelt, wobei natürlich die letztere auch genaue Feststellung der übereinstimmenden Höhenlage beider gestattet.

Eine Reihe von weiteren praktischen Winken für bestimmte Fälle der Höhenmessung findet sich in den Jahrgängen 1894—1896

der Zeitschrift für praktische Geologie, Berlin, bei J. Springer, in der Aufsatzfolge: P. Kahle, Kartiren für technische und geographische Zwecke, woraus der grösste Theil der obigen Darlegungen entnommen ist.

An dieser Stelle sei noch darauf hingewiesen, dass man mit Hülfe eines Bohrstockes mit horizontalem Handgriffe eine annähernde Bestimmung der Tiefe eines Aufschlusses, eines Eisenbahneinschnittes oder einer ähnlichen stark geböschten Fläche ausführen kann. Man stellt den Einmeterbohrer mit der Spitze auf und visirt am Griffe vorbei den nächsten einen Meter höher liegenden Punkt an und führt damit fort bis zum oberen Rande des Aufschlusses.

Kapitel 22.

Aufsuchung und Kartirung von Verwerfungen.

Zu den oft schwierigsten Aufgaben des kartirenden Geologen gehört die Feststellung von Verwerfungen[1]), und doch spielen gerade sie in der Tektonik zahlreicher und ausgedehnter Gebiete eine so hervorragende Rolle, dass ihre Aufsuchung und Verfolgung von der grössten Wichtigkeit für die Erkenntniss des geologischen Baues ist.

Die Ursache der Schwierigkeit, Verwerfungen zu kartiren, liegt zu allermeist in der Unmöglichkeit, bei einer einzelnen Beobachtung alsbald zu unterscheiden, ob man es mit einer Verwerfung oder mit übergreifender Lagerung (Transgression) zu thun hat. Die besten Kriterien bietet bei solchen Zweifeln die Grenzfläche. Bei Transgression ist das Liegende durch Abrasion in der Weise zerstört worden, dass die härteren Schichten weniger, die weicheren mehr abgetragen sind. Auf diese unregelmässige Abrasionsfläche nun legt sich die übergreifende erste Schicht auf und zwar zumeist

[1]) Der Ausdruck „Verwerfer", der öfters für Verwerfung benutzt wird, ist entschieden zu missbilligen, weil durch die Art der Wortbildung auf eine aktive Thätigkeit der Spalte bei der Verschiebung der einzelnen Schollen hingedeutet wird, die natürlich völlig fehlt. — Auf französischen und englischen Karten und Profilen findet man die Stelle einer Verwerfung, resp. den dieselbe darstellenden Strich mit dem Buchstaben f (faille, fault) bezeichnet. Es wäre sehr wünschenswerth, dass auch bei uns ein solches konventionelles Zeichen eingeführt würde, und ich möchte dafür den Buchstaben v (Verwerfung) vorschlagen.

mit einem groben Trümmergestein, einem Konglomerate oder grobkörnigen Sandsteine. Bei Verwerfungen dagegen sind harte und weiche Schichten des Liegenden in gleicher Weise durchschnitten, die Grenzfläche zeigt eine Reibungsbreccie oder spiegelnde Harnische, und auf der Grenze sind häufig chemische Ausscheidungen, meist von Quarz oder Kalkspath, erfolgt. In vielen Fällen gehen die letzteren sogar bis zur Bildung von Erz- und Mineralgängen auf der Spalte. Auch das Auftreten von Eruptivgesteinsgängen ist oft an Verwerfungsspalten geknüpft.

Nur in den seltensten Fällen bieten sich Verwerfungsspalten der unmittelbaren Beobachtung dar, und zwar sind das dann noch gewöhnlich kleinere Spalten, die den Bau einer Landschaft nur unwesentlich beeinflussen, und an denen die Verschiebungen nur einen geringen Betrag erreicht haben. Dagegen sind die grossen, über viele Meilen ausgedehnten Verwerfungen, die den Bau ganzer Gebirge bedingen, fast niemals der unmittelbaren Beobachtung zugänglich. Die Gründe hierfür sind mannigfacher Art. In der Nähe grosser Verwerfungen sind auf beiden Seiten die Schichten gewöhnlich ausserordentlich gestört, umgebogen, geschleppt, zusammengefaltet oder vollständig zertrümmert. Demzufolge bietet solche Spalte und ihre nähere Umgebung den angreifenden und zerstörenden Kräften einen geringeren Widerstand dar, als alle die umgebenden Gebiete, die Verwitterung hat hier die der Spalte benachbarten Gesteine umgewandelt und ausgelaugt, es haben sich auf diese Weise in der Oberfläche Vertiefungen, zuweilen selbst Erdfälle bilden können, die dann von den Seiten her mit allerlei jüngeren Bildungen wieder ausgefüllt wurden, so dass in diesem zerrütteten Gebirge die Verwerfung selbst völlig verschwindet. Diese leichtere Zerstörbarkeit führt sogar in vielen Fällen dazu, dass der Verlauf der grossen Verwerfungen von den Gewässern der Oberfläche benützt wird, so dass die Verwerfungen direkt mit den Thalzügen zusammenfallen; auch in diesem Falle ist ihre Beobachtung natürlich ganz unmöglich, da die fluviatilen Sedimente ihr Ausgehendes bedecken. Aber auch da, wo bei günstigen Aufschlüssen einmal eine grosse Verwerfungsspalte mit bedeutender Sprunghöhe der Beobachtung zugänglich wird, vermag man in vielen Fällen an einer solchen Stelle nur wenig direkt zu sehen, denn da gewöhnlich zu beiden Seiten der Spalte eine starke Zertrümmerung oder auch Zerreissung der Schichten stattgefunden hat, und da bei den enormen Bewegungen entlang der Spalte in der

Nähe derselben die Gesteine der beiderseitig angrenzenden Gebiete vielfach durch einander geknetet erscheinen, so wird man auch da nur ganz ungefähr die genauere Lage der Hauptspalte feststellen können; selten ist eine Dislokation von grösserer Bedeutung so schön aufgeschlossen wie diejenige, die den südwestlichen Rand des Thüringer Waldes gegen das triassische Vorland abschliesst, in der Gegend von Krock bei Eisfeld, wo man die Thonschiefer des Kambrium gegen arg gestörte Wellenkalkschichten so scharf abschneiden sieht, dass man die Hand auf die Spalte legen kann und mit einer Seite den Muschelkalk, mit der anderen das Kambrium berührt.

In vielen Fällen besteht ein bedeutender petrographischer Unterschied zwischen den Gesteinen beiderseits einer Verwerfung, und wenn sich dieser in verschiedener Durchlässigkeit gegenüber dem Grundwasser äussert, so ist reichliche Wasserzirkulation und das Auftreten von Quellen auf der Spalte eine gewöhnliche Erscheinung; dadurch wird natürlich auf und an der Spalte das Gestein in höherem Masse zerstört, die Oberfläche vertieft und auf derselben die Bildung jüngerer Sedimente gefördert, so dass auch in diesem Faktor ein Grund mehr für die seltene Sichtbarkeit von Verwerfungen zu sehen ist. Aus dem Gesagten geht also klar hervor, dass der Geologe nur den allergeringsten Theil der Verwerfungen, die er feststellt und kartirt, zu sehen bekommt und dass er ihre Existenz aus einer Reihe von besonderen Beobachtungen abzuleiten gezwungen ist, die wir im Folgenden näher kennen lernen werden. Die Möglichkeit, durch derartige Beobachtungen im Felde Verwerfungen aufzufinden, geht bisweilen soweit, dass man nicht nur ihr Streichen und Einfallen, sondern auch die Sprunghöhe und die Art der Bewegung mit ziemlicher Sicherheit feststellen kann. Die Beobachtungen, aus denen der Geologe das Vorhandensein von Verwerfungen mit Sicherheit schliessen kann, beziehen sich auf Aenderungen in der petrographischen Beschaffenheit der Gesteine, auf Aenderungen im Streichen und Einfallen der Schichten und auf Quellenlinien. Eine einzige dieser Beobachtungen wird in den meisten Fällen nicht genügen, um die Gewissheit vom Vorhandensein einer Verwerfung zu verschaffen, sondern es werden immer mehrere Beobachtungen so zusammentreten müssen, dass jede andere Möglichkeit der Erklärung ausgeschlossen ist.

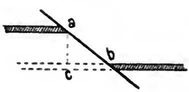
Wenn eine Verwerfungsspalte entstand und auf der einen Seite derselben die Schichten in die Tiefe sanken, so musste ein je nach

der Neigung der Spalte mehr oder weniger steiler Absturz im Terrain die natürliche Folge sein. Es wäre aber durchaus unrichtig, wenn man erwarten wollte, dass heute regelmässig das Vorhandensein von Verwerfungen sich gleichfalls noch in solchen Terrainstufen äussern sollte, denn in der ungeheuren Mehrzahl der Fälle hat die Denudation seit der Zeit der Störung in so grossem Umfange an der Abtragung der Schichten gearbeitet, dass jene ursprüngliche Ungleichförmigkeit beiderseits einer Verwerfung vollkommen hinweggewischt wurde und die Erdoberfläche über der Verwerfung wie abgehobelt erscheint, ja es kommt sogar der Fall vor, dass bei beträchtlicheren Unterschieden in der Härte der Gesteine auf beiden Seiten der Verwerfung der stehengebliebene Theil um so viel stärker abgetragen sein kann, als der gesunkene härtere, dass im Terrain heute dieser eine höhere Lage einnimmt als jener. Trotz der ungeheuren Arbeit, welche die Denudation geleistet hat, kommen doch noch Fälle vor, in denen Verwerfungsflächen direkt an der Oberfläche als steile Abstürze sichtbar werden. Es ist dies besonders da der Fall, wo durch eine Verwerfung eine sehr harte, widerstandsfähige Schicht so gegen weichere, leicht zerstörbare abstösst, dass die harte den liegenden Flügel der Verwerfung bildet. So kann man bei Manebach in Thüringen die Verwerfung, welche das Manebacher kohlenführende Rothliegende gegen den Kickelhahnporphyr abschneidet, in einer unter 45° einfallenden, ausserordentlich ebenen und glatten, mit einer dünnen Schicht von Reibungsbreccie überzogenen Porphyrfläche im Walde am grossen Hermannsstein beobachten. Auch sonst vermögen wohl petrographische Differenzen in den Gesteinen beiderseits der Verwerfung kleine Aenderungen in der Terraingestaltung zu bedingen, die man aber unter keinen Umständen mit den durch die Dislokation selbst verursachten ursprünglichen Verschiebungen der Erdoberfläche verwechseln darf.

Wenn der Geologe das Glück hat, in einem Aufschlusse, etwa am Meeresufer, oder in einem Eisenbahneinschnitte, in bergbaulichen Aufschlüssen, oder in der Schlucht eines Flusses, das Hindurchsetzen einer Verwerfung unmittelbar zu beobachten, so ist dieser Punkt natürlich mit Sorgfalt in der Karte seiner Lage nach einzutragen, es ist das Streichen und das Einfallen der Verwerfungsspalte festzustellen, wozu man durch die Verbindung der Beobachtungen an beiden Seiten einer Schlucht oder eines Eisenbahneinschnittes am leichtesten zum Ziele gelangt, und es ist festzustellen, welche Schichten auf beiden Seiten der Verwerfung an

einander grenzen. Vermag man im Anfange der Arbeit noch nicht mit Sicherheit zu erkennen, welches die relativen Altersverhältnisse der beiderseitigen Schichten sind, so kann man natürlich auch noch nicht ahnen, in welcher Weise entlang der Verwerfungsspalte Bewegungen stattgefunden haben, und welchen Betrag die Sprunghöhe ungefähr besitzen mag. Man muss sich in einem solchen Falle eine genaue Profilaufnahme machen und in dieselbe alle diejenigen Daten eintragen, die nöthig sind, um die Ergebnisse des Aufschlusses mit anderen Stellen zu vergleichen. Ist man aber mit der Altersfolge der Schichten in der betreffenden Gegend bereits vertraut, so dass man genau weiss, welche Schichtenstufen man vor sich hat, und kennt man ausserdem die Mächtigkeit der einzelnen Formationsglieder, so ist es nicht schwer, aus dem Mächtigkeitsbetrage der Schichten, welche der Zeit ihrer Entstehung nach zwischen zwei auf einer Spalte an einander stossenden Schichten liegen müssen, die Sprunghöhe der Verwerfung festzustellen. Man hat dabei (Fig. 94) zu unterscheiden zwischen dem Betrage der auf der Spalte selbst stattgehabten Verschiebung, die man als „flache“ Sprunghöhe (*ab*), und dem Vertikalbetrage der Verschiebung, den man als „saigere“ Sprunghöhe (*ac*) bezeichnet.

Fig. 94.



Noch einige Beobachtungen sind zu nennen, die sich an offen der Betrachtung sich darbietenden Verwerfungen machen lassen; sie beziehen sich auf die Spalte selbst und ihre unmittelbare Umgebung. Ist die Spalte sehr schmal, so ist die Wirkung der Verschiebung auf derselben die, dass die beiden Spaltenwände sich an einander abgerieben und abgeschliffen haben, so dass glatte, oftmals spiegelnde Flächen entstehen, die man als „Harnische“ oder „Spiegel“ bezeichnet. Eine Parallelstreifung darauf vermag oftmals einen Anhalt zur Beurtheilung der Frage zu liefern, ob die Bewegung entlang der Spalte eine vertikale, horizontale oder nach diesen beiden Richtungen zugleich erfolgte diagonale gewesen ist. Etwas breitere Spalten sind durch Nachstürzen des zerrütteten Gebirges beiderseits der Spalte mit Gesteinsschutt erfüllt, der, wenn die Bewegung wie gewöhnlich ruckweise erfolgte, in eine sogen. Reibungsbreccie umgewandelt ist. In ganz breiten Verwerfungsspalten dagegen sind von oben her in regelloser Weise grosse und kleine Schollen der angrenzenden Gesteine niedergebrochen und liegen, jeder Gesetzmässigkeit entbehrend, wüst durch einander, so dass

sie selbst die Beobachtung der Spalte erschweren oder unmöglich machen können.

Wenn in horizontal lagernden oder schwach geneigten Schichten Verwerfungen auftreten, so kündigt sich ihre Nähe, wenn sie einen nennenswerthen Umfang besitzen, fast immer dadurch an, dass der Schichtenbau seine Einfachheit verliert, dass Faltung, Knickung, Aufwölbung und kleinere oder grössere Schleppungen oder Zerrüttungen stattfinden, und man kann umgekehrt bei der Beobachtung derartiger Erscheinungen in vielen Fällen den Verdacht haben, dass eine Verwerfung die Ursache ist. Die Breite dieser Zerrüttungszone beträgt wenige Meter bis zu einem Kilometer und mehr und ist im Allgemeinen von der Bedeutung der Verwerfung insofern abhängig, als Brüche mit grosser Sprunghöhe von breiteren Störungszonen, solche von geringer Sprunghöhe von weniger breiten begleitet werden. Selbst Schieferungserscheinungen können durch die gewaltigen Druckkräfte bei den Bewegungen entlang einer Verwerfungsspalte erzeugt werden. So ist z. B. bei der Lausitzer Ueberschiebung der Granit stellenweise geschiefert und in ein thonschieferartiges Gestein umgewandelt worden.

Kommt man im Verfolgen der geologischen Kartirungsarbeit aus eben lagernden Schichten in ein derartig gestörtes Gebiet, beobachtet man dabei, dass die Störungen in einer bestimmten Richtung an Stärke zunehmen, und findet man dann weiter, dass an einer bestimmten Stelle ein neues Gestein oder ein Glied einer anderen älteren oder jüngeren Formation auftritt, so liegt der Verdacht nahe, dass dieser Gesteinswechsel durch eine Verwerfung bedingt ist. Nehmen wir beispielsweise an, dass wir aus einer Folge von Mergel und Kalkstein, die zuerst ungestört lagern, weiterhin aber mehr und mehr steil aufgerichtet erscheinen, plötzlich an Granit oder ein anderes Eruptivgestein oder an alte Grauwacken oder Thonschiefergesteine kommen, so ist zu prüfen, ob noch andere Erklärungsmöglichkeiten vorliegen, oder ob ein derartiges Verhältniss ausschliesslich durch eine Verwerfung zu erklären ist.

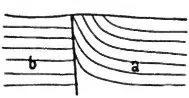
Beim Granite könnte die Möglichkeit vorliegen, dass er eine Intrusivmasse darstellt, welche jünger ist als die gestörten Schichten, aber in diesem Falle müssten die zunächst angrenzenden Schichten kontaktmetamorphische Erscheinungen zeigen. Fehlen dieselben und spricht auch nichts dafür, dass eine natürliche Anlagerung an eine granitische Insel vorliegt, d. h. also eine mantelförmige Umlagerung einer ehemaligen Klippe, die bereits durch das Auftreten

von Konglomeraten oder ähnlichen gröberen Gesteinen an der unmittelbaren Berührungsstelle mit dem Granit sich verrathen würde (auch der maximale Böschungswinkel solcher angelagerter Schichten ist zu berücksichtigen!) —, kurz sind alle diese Möglichkeiten ausgeschlossen, so ist mit Sicherheit anzunehmen, dass man es mit einer Verwerfung zu thun hat.

Die Art und Weise der Schichtenumbiegung in der Nähe der Verwerfung vermag zugleich einen Hinweis zu liefern, in welcher Weise die Bewegungen vor sich gegangen sind.

Sind die Schichten aufgebogen (Fig. 95), so dass die Schichtenköpfe zu Tage ausstreichen und man in der Richtung auf die Verwerfung zu auf immer ältere Schichten stösst, so ist es klar, dass die betreffende Schichtenfolge (*a*) auf der Verwerfung in die Tiefe gesunken ist, wobei unmittelbar an ihr die Schichten aufgebogen („geschleppt") sind. Sind umgekehrt die Schichten nach unten gebogen, so dass man bei vorher horizontalen Schichten, ebene Oberfläche vorausgesetzt, in der Richtung auf die Verwerfung an immer jüngere Schichten kommt, so wird die Annahme berechtigt sein, dass der andere Flügel der Verwerfung in die Tiefe gesunken ist, und den Rand des diesseitigen Theiles mit nach unten geschleppt hat (Fig. 96), oder dass dieser aufwärts bewegt wurde.

Fig. 95.



Natürlich kann auch der Fall eintreten, dass beide Flügel der Verwerfung, der eine aufwärts, der andere abwärts bewegt, und die angrenzenden Partien entsprechend geschleppt wurden (Fig. 97).

Fig. 96.

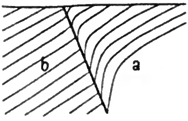
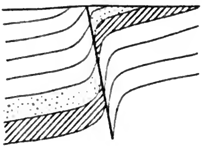


Fig. 97.



Hat man an einer Stelle eine Verwerfung mit Sicherheit konstatirt, so vermag man mit Hülfe der Thatsache, dass die meisten Störungen, wenigstens auf grössere Strecken hin, einen geradlinigen oder nur flachbogigen Verlauf besitzen, von vornherein mit einiger Wahrscheinlichkeit die Punkte im Terrain anzugeben,

wo man hoffen darf, abermals die Störung aufzufinden. Erweisen sich die Vermuthungen als richtig, so steht nichts im Wege, die Beobachtungspunkte auf der Karte durch eine starke Linie mit einander zu verbinden, auf welcher man einen Pfeil ansetzt, welcher diejenige Seite angiebt, auf der eine Abwärtsbewegung stattgefunden hat. Noch grösser wird die Sicherheit, dass eine Verwerfung vorliegt, wenn man sieht, dass auf der, als Verwerfung gemuthmassten Grenze gegen das eine Gestein nach einander verschiedene Schichten abstossen. Ein solcher Fall kann natürlich nur eintreten, wenn die Verwerfung nicht im Streichen der Schicht liegt („streichende Verwerfung“), sondern dasselbe unter irgend einem Winkel schneidet („spiesseckige oder Querverwerfung“, s. Kapitel 12). Grenzen auf einer Verwerfung nicht Sedimentärgesteine an Eruptivgesteine, sondern lagern erstere auf beiden Seiten, so ist bei streichenden Verwerfungen von geringem Umfange die Verschiebung dann oberflächlich ausserordentlich maskirt, wenn beiderseits der Verwerfung dasselbe Gestein auftritt. Es ist dies besonders der Fall in den ausgedehnten und petrographisch so ausserordentlich einförmigen Buntsandsteingebieten, in denen die Weiterverfolgung der in den anderen Formationen gut beobachteten Verwerfungen oftmals zu einer völligen Unmöglichkeit wird. Eine streichende Verwerfung lässt sich bei der geologischen Kartirung manchmal darin erkennen, dass eine Schichtenreihe sich wiederholt. Tritt dies mehrmals hinter einander ein, was häufiger vorkommt, so hat man es mit mehreren parallel streichenden Verwerfungen zu thun. Wir haben schon oben bei Besprechung der Faltung gesehen, dass die Schichtenwiederholung eine wesentlich andere ist, wenn eine Faltung vorliegt, als wenn sie durch eine streichende Verwerfung bedingt ist; denn während in dem einen Falle das Schema *a b c d a b c d* ist, ist es im Falle einer isoklinalen Faltung *a b c d c b a*. Solche Wiederholungen können aber nur dann eintreten, wenn die Verwerfung entgegengesetzt einfällt, als die verworfenen Schichten. Ist ihr Einfallen das Gleiche, so kann es entweder steiler sein als die verworfenen Schichten oder flacher. Ist es steiler, so können die verworfenen Schichten nicht wieder zu Tage ausgehen und man wird dann auf eine Verwerfung durch die Beobachtung geführt werden, dass eine anderwärts beobachtete Schichtenreihe unvollständig entwickelt ist, indem ein oder mehrere Schichtenglieder plötzlich fehlen (*f* in Fig. 98). Fallen die Schichten aber steiler ein als die Verwerfung, so können natürlich auch die verworfenen

Schichten wieder zu Tage ausgehen und es können dann also ähnliche Schichtenwiederholungen stattfinden, wie in dem oben angeführten Falle.

Ein anderes ganz vortreffliches Mittel, um im Terrain Verwerfungen zu erkennen, besteht in der Beobachtung des Streichens. Wenn man sieht (Fig. 99), dass an zwei Punkten identische Schichten

Fig. 98.

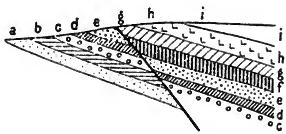
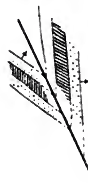


Fig. 99.



ein derartiges Streichen haben, dass die beiden Richtungen sich unter einem spitzen Winkel schneiden, und die beiden Punkte so nahe an einander liegen, dass es völlig unmöglich ist, anzunehmen, dass in dem Zwischenraume zwischen den beiden eine völlige Schichtenumbiegung etwa in Form einer Mulde oder einer kuppelförmigen Lagerung stattgefunden hat, so ist man zu dem Schlusse berechtigt, dass der Unterschied des Streichens auf eine Verwerfung zurückzuführen ist. Dasselbe ist der Fall mit plötzlichen und unvermittelten, nicht durch Faltung erklärbaren Aenderungen im Winkel des Einfallens, und die letztere Beobachtung muss vor allen Dingen dann den Verdacht auf eine Verwerfung begründen, wenn die Einfallsrichtungen von einander ab- oder auf einander zugekehrt sind und es unmöglich ist, beispielsweise wegen des ganz verschiedenen Alters der auf einander zu- oder abfallenden Schichten an eine Sattelbildung zu denken.

Sehr eigenthümlich äussert sich die Wirkung von Verwerfungen, wenn durch dieselben ein sattel- oder muldenförmig geneigtes Schichtsystem betroffen wird. Nehmen wir den einfachsten Fall an, dass eine horizontale Mulde von einer Querverwerfung durchschnitten wird, und dass der eine Flügel der Verwerfung gegenüber dem anderen in die Tiefe gesunken ist. Wird nun durch die Denudation die durch die Sprunghöhe erzeugte Niveaudifferenz oberflächlich wieder vollständig beseitigt, so muss naturgemäss eine in der Mulde lagernde Schicht (Fig. 100), auf dem in die Tiefe gesunkenen Theil,

in zwei Linien zu Tage ausstreichen, die viel weiter von einander entfernt sind, als die Ausstrichlinien derselben Schicht in dem, im höheren Niveau liegen gebliebenen Gebirgstheile. Das Umgekehrte ist der Fall, wenn es sich um einen Sattel handelt, von dem der eine Theil gesunken ist. Hier müssen, wenn die oben genannte Voraussetzung erfüllt ist, in der Horizontalprojektion die Ausstriche der beiden Flügel einer Schicht in dem abgesunkenen Theil enger an einander liegen, als in dem stehen gebliebenen (Fig. 101). Die

Fig. 100.

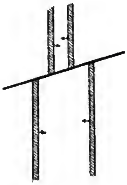
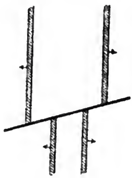


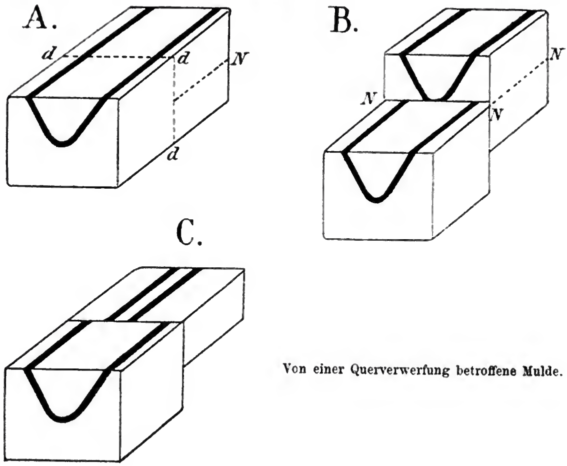
Fig. 101.



Nothwendigkeit wird am leichtesten erkannt werden durch die Betrachtung der folgenden schematischen Modellbilder, die aus Kayser's Allgemeiner Geologie entnommen sind (Fig. 102). Die Beobachtung eines derartigen Schichtenausstriches an mehreren Stellen wird also gleichfalls ohne Weiteres durch Verbindung dieser Beobachtungspunkte zu einer Verwerfungslinie kartographisch verwendet werden können.

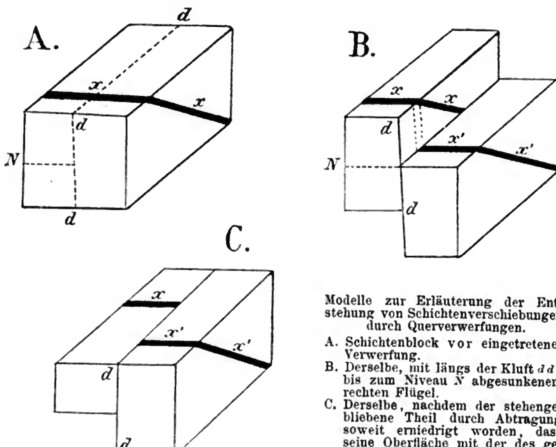
Wenn auf einer streichenden Verwerfung nur horizontale Verschiebungen stattgefunden haben, so werden sich dieselben nur in dem Falle erkennen lassen, dass eine vertikale Masse, ein Erzgang oder ein Eruptivgesteinsgang, von dieser Verschiebung betroffen ist. Derselbe wird in diesem Falle an der einen Stelle auf der Verschiebung abstossen und an einer anderen Stelle seine Fortsetzung haben, und die Entfernung der beiden Punkte von einander würde den Betrag der Verschiebung ergeben. Beobachtet man aber in der Natur einen derartigen Fall, d. h. das Abbrechen eines solchen Gangkörpers und sein Wiederaufsetzen an einer anderen Stelle, so darf man daraus nicht von vornherein auf eine horizontale Verschiebung schliessen, derselbe Effekt wird vielmehr in allen den Fällen erzeugt, in welchen geneigte Schichten von senkrechten Verwerfungen oder horizontale Schichten von schräg einfallenden Verwerfungen geschnitten werden. Die folgenden, eben-

Fig. 102.



Von einer Querverwerfung betroffene Mulde.

Fig. 103.



Modelle zur Erläuterung der Entstehung von Schichtenverschiebungen durch Querverwerfungen.

A. Schichtenblock vor eingetretener Verwerfung.

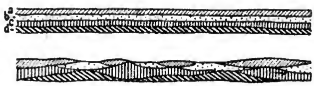
B. Derselbe, mit längs der Kluft *ddd* bis zum Niveau *N* abgesunkenem rechten Flügel.

C. Derselbe, nachdem der stehengebliebene Theil durch Abtragung soweit erniedrigt worden, dass seine Oberfläche mit der des gesunkenen Theiles zusammenfällt.

falls aus Kayser's Allgemeiner Geologie entnommenen Modelldarstellungen (Fig. 103), geben ein anschauliches Bild von diesem Vorgange, und man sieht daraus, dass man bei der Beurtheilung von Verwerfungen niemals sich auf einen einzelnen Faktor beschränken darf, sondern dass man immer in dem Zusammentreffen mehrerer Erscheinungen erst die Bestätigung einer gefassten Meinung zu suchen hat.

Wir haben im Kapitel 12 bereits den Fall besprochen, dass eine Flexur in eine Verwerfung übergeht. Ein Zwischenglied, welches in der Natur ziemlich häufig zur Beobachtung gelangt, besteht darin, dass bei der mit der Flexur verbundenen Auszerrung der Schichten die Kontinuität der einen oder der anderen unterbrochen und die einzelne Schicht in eine Anzahl von linsenförmigen Körpern aufgelöst erscheint, und dass die den verschiedenen Schichten entsprechenden Theilmassen so auf einander folgen, dass wohl eine oder mehrere Schichten fehlen können, die Reihenfolge der auf einander folgenden Schichten aber der Altersfolge entspricht. Trifft man zum Beispiele in einer schmalen Zone die vier Schichten *a b c d*, die in der angegebenen Folge im normalen Profile über einander liegen, in der in beifolgender, einen Grundriss darstellenden Figur 104 unten angegebenen Oberflächen-

Fig. 104.



verbreitung, so kann man mit ziemlicher Sicherheit auf das Vorhandensein von Flexurverwerfungen schliessen.

Von grosser Wichtigkeit für die Aufsuchung und Verfolgung von Verwerfungen ist die Beobachtung von Quellen und den mit dem Austritte von Grundwasser verknüpften Erscheinungen, Versumpfungen des Bodens, feuchten Stellen, Humusbildung, Gehängemooren und Kalktuffen. Im Kapitel über die Aufsuchung von Quellen sind die Gründe für die starke Wasserführung vieler Verwerfungsspalten näher aus einander gesetzt. Wenn dem Geologen Quellen und ähnliche Erscheinungen begegnen, so darf er natürlich nicht ohne Weiteres auf Verwerfungen schliessen, sondern muss zunächst sorgfältig prüfen, auf welche Ursache das Auftreten der Quelle zurückzuführen ist, und erst, wenn aus der Lagerung der an-

grenzenden Gebirgsschichten die Annahme einer Schichtenquelle sich als unmöglich erweist, die Lagerung dagegen für eine Verwerfung spricht, darf man die Quelle auf solche beziehen. Ueberhaupt ist die einzelne Quelle kein hervorragend geeignetes Mittel zur Erkennung und Feststellung einer Verwerfung; vielmehr dienen erst in Reihen angeordnete Quellen dazu, den Verlauf einer durch anderweite Beobachtungen festgestellten Störung mit grösserer Leichtigkeit zu erkennen.

Die starke Wasserführung vieler Verwerfungsspalten hat an zahlreichen Stellen mineralische Neubildungen, hauptsächlich von Quarz und Kalkspath, zur Folge gehabt, die nicht nur die Spalte selbst erfüllen, sondern auch in das Nebengestein eindringend dasselbe imprägniren können. Man hat also auch im Vorkommen der genannten Mineralien Aufforderungen zur Prüfung auf etwaige Verwerfungen zu erblicken. Streichende oder Längsverwerfungen sollen im Allgemeinen wasserarm, Querverwerfungen reicher daran sein. Aus diesem Grunde sollen auch die Erzgänge meistentheils die Ausfüllung von Quer- oder spiesseckigen Verwerfungen sein.

Die Zirkulation der auflösend wirkenden Spaltenwasser löst oft Gesteinsmassen im Erdinnern auf und schafft Hohlräume, die, wenn sie der Oberfläche nahe genug liegen, zusammenbrechen können. Dann entstehen Erdfälle. Solche Stellen, an denen zwei in verschiedener Richtung verlaufende Spalten sich schneiden, sollen besonders zur Bildung von Erdfällen geeignet sein, so dass also auch dieses Phänomen in den Kreis der für Aufsuchung von Verwerfungen wichtigen Erscheinungen gehört.

Kapitel 23.

Die Aufsuchung geologischer Grenzen in Gebieten loser (tertiärer und quartärer) Bildungen.

Die Aufsuchung der geologischen Grenzen in denjenigen Gebieten, in denen sich überwiegend oder ausschliesslich lose Bildungen an der Zusammensetzung der Oberfläche betheiligen, vor allen Dingen also in den Ablagerungsgebieten eiszeitlicher Gletscher, erfolgt im Prinzip nach denselben Grundsätzen, wie im älteren anstehenden Gebirge. Wie dort besonders angegeben, sind auch hier die petrographische Beschaffenheit, die Verwitterungsbildungen, die Verhältnisse der Vegetation, die Formen der Oberfläche, die Be-

obachtungen der durch Quellen, Versumpfung und Moorbildung sich dokumentirenden Wasseraustrittsstellen nach den bereits angegebenen Gesichtspunkten zu verwerthen. Ebenso bietet die Beobachtung der Kulturgrenzen, das Auftreten von Wiesen in Wäldern und Aeckern, die Verbreitung des Nadel- und Laubwaldes, der Charakter des Waldes und die besonderen Eigenthümlichkeiten, die der Wuchs der Waldbäume auf den verschiedenartigen Bodenarten zeigt, zahlreiche Anhaltepunkte für die Erkennung geologischer Grenzen. Dagegen tritt gerade in diesen Gebieten eine gewisse Erschwerung der Beobachtung durch die Einwirkung ein, welche der Mensch auf den Boden ausgeübt hat. Wenn sandige Böden durch ausgiebige Melioration, durch Auftrag grosser Mengen thonig-kalkiger Bildungen, sogen. Mergel, verbessert sind, so wird die Ackerkrume in den meisten Fällen nur schwer von derjenigen von vornherein lehmiger Böden sich unterscheiden lassen. Durch starke Düngung und intensive Kultur kann die Ertragsfähigkeit eines leichten Bodens so gesteigert werden, dass die auf demselben wachsenden Nutzpflanzen nicht mehr einen zuverlässigen Schluss auf die geologische Unterlage zulassen. Durch Tiefkulturen kann in grossen Gebieten die Oberfläche eine weitgehende Veränderung erfahren, indem oftmals abweichende Schichten des flacheren Untergrundes an die Oberfläche gebracht werden. In den Alluvialgebieten grosser Thäler, in welchen durch die Hochwasser der Ströme ausgedehnte Schlickablagerungen erzeugt werden, die bei Ueberfluthungen oder Deichbrüchen dann bisweilen von dünnen Sanddecken überzogen werden, findet mancherorts, beispielsweise im Weichseldelta, in grossem Umfange eine vollständige „Wendung“ des Bodens statt, in der Weise, dass ein Streifen nach dem anderen umgegraben, die ursprünglich an der Oberfläche lagernde Sandschicht in die Tiefe und der unter derselben lagernde fette Schlick an die Oberfläche gebracht wird. In den Moorgebieten verändern die sogen. Moordammkulturen, bei welchen eine Sandschicht von einigen Dezimetern Mächtigkeit über dem Torfe ausgebreitet wird, das Ansehen der Oberfläche und die Vegetation in einer so gründlichen Weise, dass man nicht mehr ohne Weiteres die ursprünglich die Oberfläche bildende Schicht erkennen kann. Noch in anderen Gegenden sind die verschiedensten losen Bildungen, Geschiebemergel, Sande und Thone am Ende der Diluvialzeit einem ausgedehnten Humifizirungsprozesse unterworfen gewesen, und die petrographisch verschiedenartigen Gesteine unterscheiden sich dann in ihren zu Tage liegenden

obersten Theilen in keiner Weise mehr von einander. Es treten fernerhin, besonders im Alluvium, viele an der Oberfläche lagernde Schichten nur in so gering mächtigen Decken auf, dass es nothwendig wird, in geologischen Karten auch die nächstfolgende, der Beobachtung nicht mehr direkt zugängliche Schicht zur Darstellung zu bringen. Ganz besonders ist dies nothwendig mit Rücksicht auf das Auftreten landwirthschaftlich nutzbarer Bildungen, wie z. B. der für Meliorationszwecke so bedeutungsvollen Süsswasserkalk-Lagerstätten, die fast immer unter mehr oder weniger mächtigen Ablagerungen noch jüngerer Bildungen sich finden. Aus allen diesen Gründen wird bei der Aufsuchung von Grenzen im Gebiete diluvialer und alluvialer Schichten die Anwendung des Bohrers zu einem unvermeidlichen, nothwendigen Hülfsmittel. Es ist im 1. Kapitel näher aus einander gesetzt worden, welche Bohrerkonstruktionen für solche Arbeiten am zweckmässigsten sind, und in welcher Weise diese Handbohrungen ausgeführt werden.

Bei der Untersuchung des aufzunehmenden Gebietes werden Bohrungen nach verschiedenartigen Gesichtspunkten ausgeführt werden müssen:

1. Zur Aufsuchung geologischer Grenzen.
2. Zur Erkennung der Lagerungsbeziehungen.
3. Zur Feststellung des Untergrundes flacher Schichten.

1. Bei der Grenzaufsuchung im Gebiete quartärer Schichten gelten in Bezug auf die Wahl der Beobachtungslinien dieselben Gesichtspunkte, die an früherer Stelle für die Aufnahmearbeiten in Gegenden, in denen vorwiegend ältere Schichten auftreten, bereits angegeben sind. So weit Fuss- und Fahrwege irgend welcher Art, Gestelle im Walde, Waldränder und andere von der Natur gebotene Linien zur Verfügung stehen, wird man diese benützen und im Uebrigen sich, je nach Bedarf, dazwischen liegende Linien auswählen, deren Lage man mit Sicherheit in die Karte eintragen kann. Man stellt an dem Punkte, an welchem man die Arbeit beginnt, durch eine Bohrung unter Beobachtung der Verwitterungsschicht fest, auf welchem petrographischen Gebilde man sich befindet, und verfolgt dann seinen Weg, indem man nach den angegebenen Gesichtspunkten sorgsam beobachtet, ob man sich weiterhin in demselben Gebilde bewegt oder Veranlassung zu der Annahme hat, dass die petrographische Beschaffenheit des Untergrundes eine andere geworden ist. Treten solche Zweifel auf, so

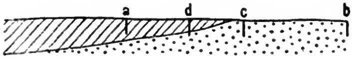
überzeugt man sich durch eine Bohrung, ob dieselben begründet sind oder nicht; zeigt die Bohrung an dieser zweiten Stelle eine andere Schicht, so hat man sich rückwärts zu begeben und durch eine neue Bohrung wiederum die Beschaffenheit des Untergrundes festzustellen. Hat man dabei gefunden, dass zwischen zwei Bohrungen ein Gesteinswechsel stattgefunden hat, so halbirt man den Zwischenraum zwischen beiden, führt eine neue Bohrung aus und fährt in dieser Weise durch Verkleinerung der Abstände der einzelnen Bohrungen so lange fort, bis man erkannt hat, dass die Grenze zwischen zwei so nahe an einander liegenden Punkten sich befindet, dass ein zwischen dieselben gelegter, fester Grenzpunkt bei dem Kartenmassstabe von 1:25,000 um nicht mehr als 10 bis 15 Schritte, also um einen in der Karte nicht mehr ausdrückbaren Betrag, schwanken kann. Man fährt in dieser Weise fort und erlangt so auf der Begehungslinie, je nach den geologischen Verhältnissen eine wechselnde Zahl von Grenzpunkten. Indem man nun nach Möglichkeit parallel zu der ersten eine zweite Beobachtungslinie begeht und untersucht, erhält man auch auf dieser eine Reihe von weiteren Grenzpunkten und überdeckt dann in gleicher Weise eine grössere Fläche mit einem solchen System von Beobachtungslinien und festen Grenzpunkten. Unter Berücksichtigung der Terrainverhältnisse wird es möglich sein, in vielen Fällen auf Grund dieser Beobachtungspunkte direkt die geologischen Grenzen zu ziehen. Ist aber das Terrain sehr eben und bietet keine Anhaltspunkte, so ist es nöthig, die Stellen, über welche hin man sich die Grenzlinie verlaufend denkt, direkt zu begehen und durch Beobachtung der Ackerkrume und der Vegetation mit Benutzung von Hülfsbohrungen den genauen Verlauf dieser Grenzlinie festzustellen.

Es ist nun in keiner Weise möglich, von vornherein anzugeben, wie eng oder wie weit die einzelnen, zur Feststellung der Grenzen dienenden Bohrungen von einander entfernt sein müssen, es ist vielmehr einerseits von der Uebung und Geschicklichkeit des aufnehmenden Geologen, andererseits von der grösseren oder geringeren Mannigfaltigkeit und Abwechselung in den Terrainverhältnissen und dem geologischen Bau des betreffenden Gebietes abhängig. Auf grossen, ebenen Flächen, beispielsweise in Thälern und auf flachen Hochebenen, wird man die Bohrungen in grösseren Abständen von einander ausführen. An Thalgehängen oder in Gebieten, wo eine starke Abwaschung der Schichten stattgefunden hat, werden die

Bohrungen gehäuft werden müssen. An Steilgehängen, besonders wenn diese mit Wald bestanden sind, wird man so häufig bohren müssen, dass der Ansatzpunkt eines jeden tiefer liegenden Bohrloches ungefähr in demselben Niveau liegt, wie der tiefste Punkt, welchen die Spitze des Bohrers bei der nächst höheren Bohrung erreicht hat. Natürlich macht auch an solchen Gehängen das Auftreten von Wasserrissen, in welchen die Schichten der direkten Beobachtung zugänglich sind, eine Verminderung der Zahl der Bohrungen angängig; ebenso ist es selbstverständlich, dass der Anfänger eine weitaus grössere Zahl von Bohrungen zu seiner eigenen Information ausführen wird, als der Geübtere, und es wird jeder, der sich mit solchen Arbeiten beschäftigt, die Wahrnehmung machen, dass er mit fortschreitender Erfahrung die Zahl der erforderlichen Bohrungen wesentlich einschränken kann.

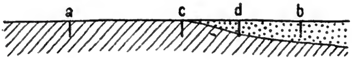
2. Erkennung der Lagerungsverhältnisse: Wo nicht günstig gelegene Aufschlüsse auf den ersten Blick die Lagerungsbeziehungen zweier an einander angrenzender Schichten erkennen lassen, wird die Feststellung derselben durch einige Bohrungen zur unabweislichen Nothwendigkeit. Einige einfache Beispiele mögen dies zeigen: Findet man auf der in Figur 105 und 106 bezeichneten

Fig. 105.



Beobachtungslinie in den Punkten *a* das volle Profil des Geschiebemergels, in den Punkten *b* dagegen bis zu der Tiefe, zu welcher die Bohrung hinabgeführt wird, im Allgemeinen also auf 1—2 m Tiefe, nur Sand, so muss nothwendig zwischen den Punkten *a* und *b*

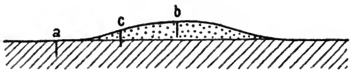
Fig. 106.



eine Grenze verlaufen. In Bezug auf die gegenseitige Lagerung des Geschiebemergels und des Sandes können aber zwei Fälle eintreten, von denen der eine in Figur 105, der zweite in Figur 106 dargestellt ist. Angenommen die Punkte *a* und *b* liegen 100 Schritte

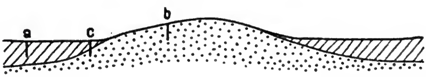
von einander entfernt, so wird man sich 50 Schritte rückwärts bewegen und abermals bohren. Im ersten Falle wird die an Punkt *c* ausgeführte Bohrung ebenfalls Sand ergeben und die in der Mitte zwischen *c* und *a*, also 25 Schritte rückwärts bei *d* ausgeführte Bohrung zeigen, dass unter einer, im angenommenen Falle 1—1½ m mächtigen Geschiebemergelschicht, Sand folgt. Daraus würde hervorgehen, dass der Sand älter ist als der Geschiebemergel. Dagegen würde in dem in Figur 106 dargestellten Falle die bei *c* ausgeführte Bohrung ebenfalls Geschiebelehm geben, weshalb die nächste Bohrung zwischen *c* und *b* bei *d* auszuführen wäre. Wenn dieselbe, wie hier angenommen, unter 1—1½ m Sand den Lehm antrifft, so ist damit der Beweis erbracht, dass die Sandschicht jünger ist als der Lehm. Die beiden Sandschichten würden also entsprechend ihrem, gegenüber dem Lehm verschiedenen Alter, auf der Karte mit verschiedenen Farben darzustellen sein. — Wir betrachten noch einen zweiten Fall: Wenn aus einer ebenen Geschiebelehmfläche ein kleiner Sandhügel sich heraushebt, so ist in derselben Weise, wie im vorigen Falle, durch nahe dem ersten Bohrungspunkte ausgeführte Bohrungen festzustellen, ob die Sandkuppe eine Auflagerung auf dem Geschiebelehm darstellt (Fig. 107) oder ob dieselbe eine sogen. Durch-

Fig. 107.



ragung bildet (Fig. 108), an welche von allen Seiten her mantelartig der Geschiebelehm sich anlegt. Im ersten Falle wird man in der Zwischenbohrung bei *c* unter dem Sande den Geschiebemergel, im zweiten Falle an der in unserem Bilde Figur 108 mit *c* bezeichneten Stelle dagegen unter einer dünnen Schicht von Ge-

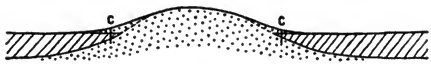
Fig. 108.



schiebemergel oder -Lehm den Sand antreffen. Im zweiten Falle ist noch zu berücksichtigen, ob nicht etwa vom Rande der Sand-

kuppe her durch das Wasser geringe Sandmengen herabgeschwemmt sind, wobei in einer gewissen engbegrenzten Zone, wie aus Figur 109 ersichtlich, dasselbe Profil erbohrt werden würde, wie in Figur 107. Zur Gewissheit würde diese Vermuthung werden, wenn man bei einer Weiterführung der Bohrung (*c* in Fig. 109) finden würde, dass

Fig. 109.



unter dünnem Sande eine ebenfalls nur dünne Lehmschicht folgt, unter welcher dann abermals Sand angetroffen wird.

Ganz besondere Beachtung verdienen derartige Möglichkeiten an Steilgehängen, da man sonst leicht dazu kommen kann, Schichten für anstehend zu halten, die nur abgerutschte oder verstürzte Massen am Abhange darstellen, wodurch natürlich ein ganz falsches Bild der geologischen Zusammensetzung und in Folge dessen auch eine unrichtige Kartendarstellung erlangt würde.

3. Feststellung des Untergrundes flacher Schichten: Die Anwendung von Bohrungen zu diesem Zwecke ist von vornherein einleuchtend und sie macht sich besonders in den Alluvialgebieten geltend, in denen in sehr vielen Fällen die Schichten der Oberfläche nur eine geringe Mächtigkeit besitzen. In den Ueberschwemmungsgebieten grosser Stromthäler sind auf diese Weise die Lagerungsverhältnisse von Schlicken, Sanden und humosen Bildungen festzustellen. Erlangt ein einzelnes dieser Gebilde eine grössere Mächtigkeit, die über weite Flächen sich gleich bleibt, so wird man auf der Karte nur dies eine Gebilde darstellen. Ist aber die Oberflächenschicht von geringer Mächtigkeit, so wird man zu untersuchen haben, welches ihre Unterlage ist, und wird dieselbe in der Kartendarstellung ebenfalls zum Ausdruck bringen. Es muss auch hier wieder dem geologischen Taktgefühl überlassen bleiben, wie weit in dieser Unterscheidung und Abgrenzung des Untergrundes zu gehen ist, und es wird bei der Beurtheilung dieser Frage vor allen Dingen der Gesichtspunkt massgebend sein, ob die unter der obersten Schicht lagernde Bildung in landwirthschaftlicher oder technischer Beziehung von Bedeutung ist. Abbauwürdige Thonlager unter dünnen Sand- oder Torfdecken, als Mergel geeignete Wiesenkalklager unter Torfmooren wird man auch dann

in einer geologischen Karte ausdrücken, wenn dieselben von geringem Umfange sind, während man andererseits bei der Kartirung von solchen Schichten im Untergrunde, die für die Ackerkultur auf der Oberfläche belanglos sind, mit minderer Sorgfalt verfahren kann. Immer wird der Umfang dessen, was man durch Bohrungen zu ermitteln und in der Karte darzustellen hat, von dem Zwecke abhängig sein, der mit der Ausführung der Karte verbunden ist, und von dem Werthe, den solche Darstellungen für Landwirthschaft und Technik haben können.

Auch innerhalb diluvialer Bildungen werden häufig Bohrungen ausgeführt werden müssen, die weder für die Abgrenzung der Schichten noch für die Erkennung von Lagerungsbeziehungen, wohl aber für die Ermittelung von Mächtigkeit und Tiefenlage landwirthschaftlicher Meliorationsmittel von Bedeutung sind. Näheres darüber ist in den Kapiteln über Aufsuchung von Kies-, Thon- und Mergellagern einzusehen.

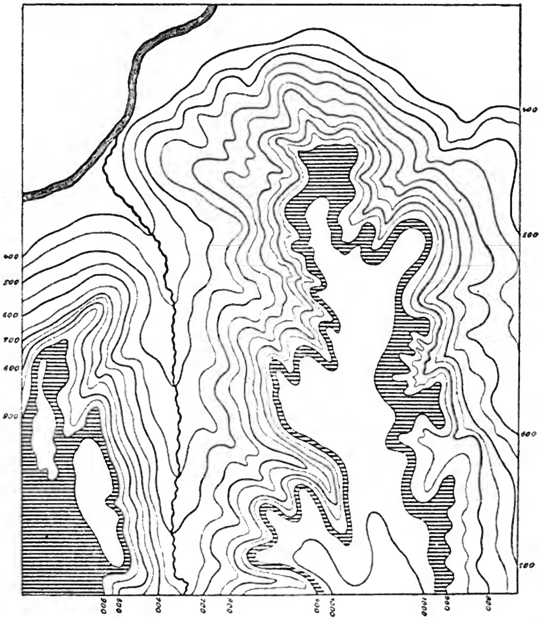
Kapitel 24.

Schichtgrenzen und andere Konstruktionen.

Ist ein grösseres oder kleineres Gebiet nach den angegebenen Gesichtspunkten genau untersucht worden und sind möglichst viele Grenzpunkte der einzelnen Schichten ermittelt, die Aufeinanderfolge der Schichten und ihre gegenseitigen Lagerungsbeziehungen durch eine Reihe von Beobachtungen festgestellt worden, so ist es die nächste Aufgabe der Kartirung, diese Grenzpunkte miteinander zu Grenzlinien zu verbinden und dadurch eine Grundlage für die Ausführung des geologischen Kartenbildes in verschiedenen Farben oder Zeichen zu schaffen. Bevor wir uns der Frage zuwenden, in welcher Weise die Verbindung der ermittelten Grenzpunkte zu Grenzlinien so stattzufinden hat, dass daraus ein charakteristisches und verständliches Bild des geologischen Baues einer Gegend resultirt, müssen wir in eine Betrachtung eintreten, nach welchen Gesetzen die geologischen Grenzlinien von Schichten, die ihrem Streichen und Fallen nach bekannt und an einzelnen Punkten in ihrem Ausstreichen beobachtet sind, in ihrem Verlaufe durch das Relief der Oberfläche beeinflusst werden. Da das Bild der Oberfläche in der kartographischen Grundlage, sei es durch Bergschraffuren und

Höhenlinien oder nur durch letztere, als gegeben angenommen werden muss, und da ferner durch die Beobachtung vom Streichen und Fallen an einem gegebenen festen Punkte im Terrain alle Elemente für eine Feststellung der Grenzebene auf mathematisch-konstruktivem Wege vorhanden sind, so wird es zunächst unsere

Fig. 110.

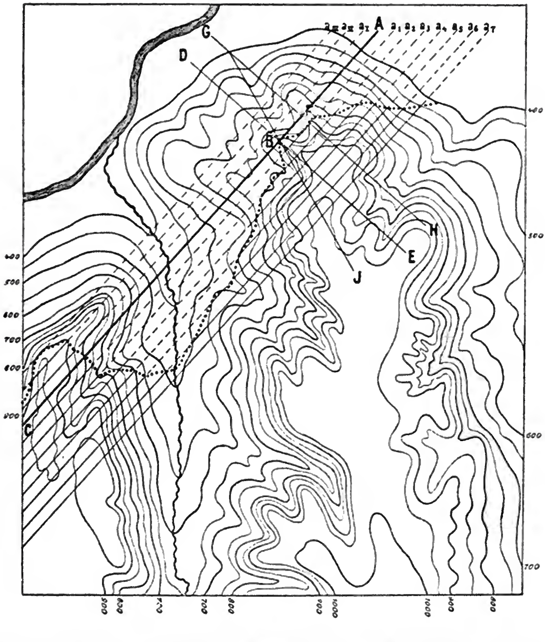


Aufgabe sein, an einer Reihe von Fällen zu zeigen in welcher Weise sich aus diesen Faktoren der Verlauf der Grenzlinien theoretisch ableiten lässt.

Wir beginnen mit der einfachsten und ursprünglichsten Lagerung, der schwebenden oder söhligen. Die Grenzflächen einer solchen laufen mit den durch die Höhenlinien ausgedrückten Horizontalebenen parallel, und da die Höhenlinien nichts anderes sind, als die

Schnittlinien paralleler, in gleichen Abständen über einander liegender Horizontalebenen mit der Erdoberfläche, so müssen auch die Grenzlinien einer schwebenden Schicht mit den Höhenlinien parallel laufen. In die Karte eingetragen, ergiebt also der Ausstrich einer horizontalen Schicht von 50 Fuss Mächtigkeit, deren Unterkante bei 900,

Fig. 111.



deren Oberkante bei 950 Fuss ü. M. liegt, das Kartenbild (Fig. 110), in welchem die schraffirte Fläche die Oberflächenverbreitung der angenommenen Schicht angiebt.

Der zweite von uns zu betrachtende Fall ist der, dass die Grenzfläche zwar noch eben ist, aber nicht mehr horizontal liegt, sondern unter irgend einem Winkel nach irgend einer Himmelsrichtung hin einfällt. Nehmen wir eine in nordöstlicher Richtung

streichende, unter 20° nach Südosten einfallende Grenzfläche an, so würde dieselbe auf dem Terrainbilde, welches wir allen diesen Betrachtungen zu Grunde legen, sich als Grenzlinie zeigen, deren Verlauf durch die punktirte Linie in Figur 111 ausgedrückt wird. Diese Linie würden wir erhalten, wenn wir die Grenzlinie an möglichst zahlreichen Punkten beobachten könnten. Da aber, wie wir gesehen haben, in den meisten Fällen diese Beobachtungsmöglichkeit auf einzelne Punkte beschränkt ist, so muss man sich sehr häufig mit konstruirten Grenzen behelfen, und wir wollen nun zunächst betrachten, in welcher Weise solche Konstruktionen sich ausführen lassen.

Wir gehen von der Annahme aus, dass eine Schichtfläche auf grössere Erstreckung hin als eben anzusehen, dass ihr Streichen und Fallen bekannt ist, und dass wir einen Punkt im Terrain beobachtet und in die Karte eingetragen haben, an welchem die Grenzfläche die Erdoberfläche schneidet. Wir verfahren dann folgendermassen:

Durch den Beobachtungspunkt *B* (Fig. 111) ziehen wir eine Linie *ABC* in der Richtung des bekannten Streichens und senkrecht dazu eine zweite Linie *DBE*. Wir ermitteln hierauf, wie viele Höhenlinien in der in Betracht kommenden Umgebung über, wie viele unter dem Beobachtungspunkte liegen. Die grössere dieser beiden Zahlen multipliziren wir mit dem einfachen Abstande der Höhenlinien, greifen auf dem Massstabe der Karte die so erhaltene Länge mit dem Zirkel ab und tragen sie an *B* in der Richtung auf *A* an. In unserem Falle sehen wir 4 50-Fusslinien über und 8 unter *B*, greifen also eine Länge von 8×50 Fuss ab und tragen sie an *BA* als *BF* an. Hierauf legen wir durch *F* eine Linie *GFH* parallel zu *ED* und ziehen durch *B* eine Linie *GBJ*, die so gelegt wird, dass der Winkel *GBD* gleich dem bekannten Einfallwinkel ist, den wir mit 20° annehmen. Die Linie *GF* theilen wir in 8 gleiche Theile und ziehen durch die Theilpunkte soviel Parallelen zu *ABC* wie oberhalb *B* noch Höhenlinien in Betracht kommen, also 3. In derselben Weise ziehen wir im gleichen Abstande solche Parallelen zu *ABC* auch durch *BJ*, und zwar mindestens so viele, als unter *B* noch Höhenlinien folgen, also 8 [1]). Dann sind die Schnittpunkte der ersten Parallele mit der ersten über *B* folgenden Höhenlinie Grenzpunkte, ebenso die Schnittpunkte der zweiten Parallele mit

[1]) a^8 ist in Figur 111 vergessen.

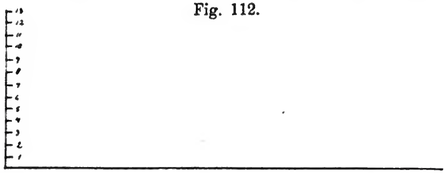
der zweiten Höhenlinie u. s. w. und zwar sowohl oberhalb, d. h. rechts, als auch unterhalb, d. h. links von *ABC*. Wir erhalten auf diese Weise eine Reihe von Grenzpunkten, deren Verbindung die gesuchte Grenzlinie ergiebt.

Zum Verständniss dieser Konstruktion gehört ein gewisses Mass von Kenntnissen in der Projektionslehre. Die Linie *DBE* ist die Vertikalprojektion der senkrecht zum Streichen gerichteten Falllinie unserer Schicht im Punkte *B*.

Die Abstände der einzelnen Theilstriche von einander auf der Linie *GFH* entsprechen vollständig dem horizontalen Abstande, den die Höhenlinien von 50 Fuss bei einer Böschung von 20° von einander haben.

Da nun den meisten mit Isohypsen ausgeführten Karten ein Böschungsmassstab beigegeben ist, so kann man sich die Konstruktion der gesuchten Grenzlinie in folgender Weise sehr erleichtern: Man schneidet sich ein rechtwinkeliges Kartonblatt (Fig. 112)

Fig. 112.



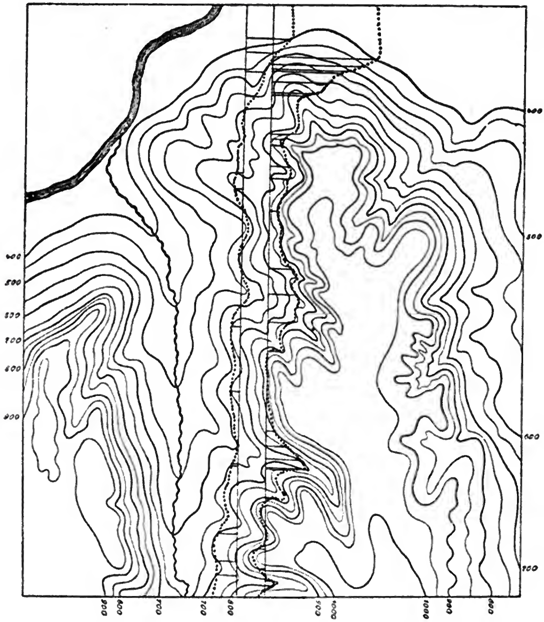
und trägt auf die eine Seite desselben eine Anzahl Male den Böschungsmassstab für den Winkel des bekannten Einfallens auf und bezeichnet die Punkte mit 1, 2, 3, 4 u. s. f. Dann legt man den anderen Schenkel an die in die Karte eingetragene Streichlinie an und verschiebt vom Beobachtungspunkte aus so weit, bis Punkt 1 mit der ersten, Punkt 2 mit der zweiten folgenden Kurve zum Schnitte kommt u. s. f.

Die Anwendung der Methode ist aus der folgenden Figur 113 zu ersehen, in welcher die beiden punktirten Linien den Verlauf der oberen und unteren Grenze einer nordsüdlich streichenden, unter 20° nach Osten einfallenden Schicht angeben, deren Ausstrich an zwei Stellen als beobachtet gedacht ist, durch welche die beiden nordsüdlichen Streichlinien gezogen sind. Von diesen Punkten geht man nach Norden und Süden mit dem in Figur 112 abgebildeten Hülfsmittel von Kurve zu Kurve vor, trägt im Schnitt mit den

aufwärts folgenden Höhenlinien die Grenzpunkte entgegen dem Einfallen, mit den unterhalb der Beobachtungspunkte liegenden dagegen in der Richtung des Einfallens ein, und verbindet schliesslich die ermittelten Grenzpunkte zu zwei zusammenhängenden Linien.

Wir haben im ersten Beispiele den Fall betrachtet, dass eine

Fig. 113.



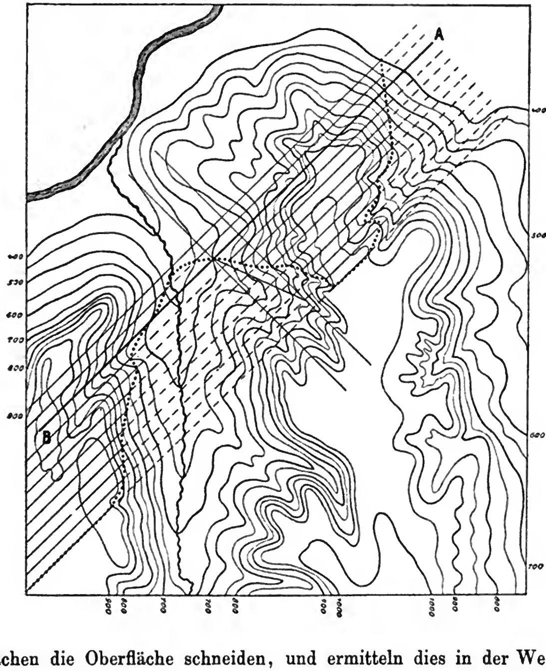
geneigte Schicht quer zum Verlaufe des Thales streicht und gegen das Thal hin einfällt. Ganz anders gestaltet sich das Bild, wenn dieselbe Schicht bei gleichem Streichen und gleichem Fallwinkel mit dem Thale fällt. Wir erhalten dann den in Figur 114 wiedergegebenen Verlauf der Grenzlinie.

Um noch ein drittes Beispiel zu bringen, nehmen wir den Fall, dass eine Schicht parallel mit dem Verlauf des einen und

rechtwinkelig zum Verlaufe des anderen Thalstückes streicht. Wir konstruiren uns für diesen Fall die obere und die untere Grenzlinie der Schicht und erhalten für die Oberflächenverbreitung derselben das bereits in Figur 113 dargestellte Bild.

Wir wollen nun sehen, in welcher Weise gekrümmte Grenz-

Fig. 114.



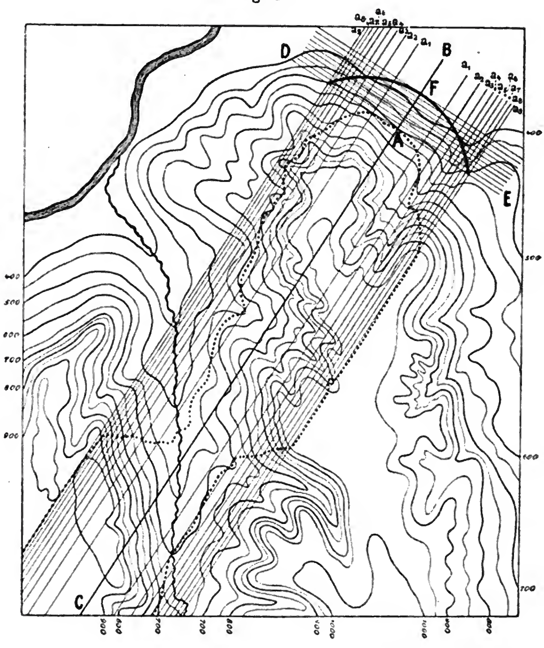
flächen die Oberfläche schneiden, und ermitteln dies in der Weise, dass wir in unsere Höhenlinienkarte nach einander den Ausstrich einer regelmässigen und einer schiefen Mulde, sowie eines regelmässigen und eines schiefen Sattels hineinkonstruiren.

1. Gegeben eine regelmässige Mulde, deren Achse in nordöstlicher Richtung streicht. Das einzutragende Muldenstück habe eine Höhe von 500 Fuss und eine Breite von 2000 Fuss. Wir

nehmen an, dass der Ausstrich des Muldentiefsten gegeben ist. Die Form der Mulde sei durch die starke Linie der Figur 115 gegeben.

Wir tragen durch das gegebene Muldentiefste A in der Streichrichtung eine Linie BAC, ziehen rechtwinkelig dazu durch den-

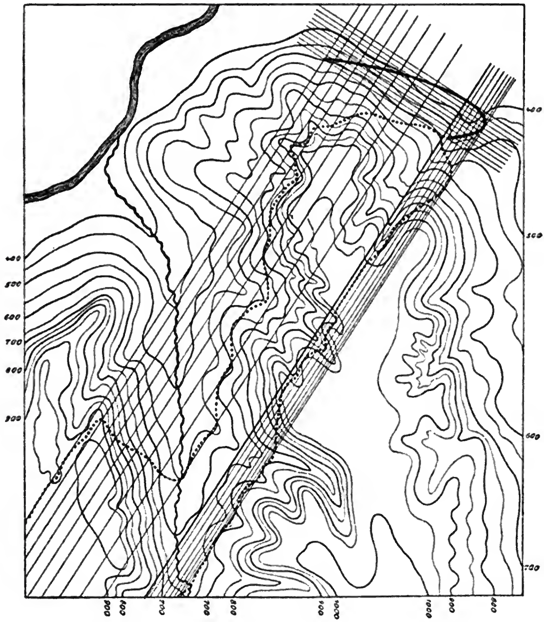
Fig. 115.



selben Punkt eine zweite Linie DAE und tragen auf dieselbe den gegebenen Muldenquerschnitt so auf, dass das Muldentiefste in F in die Streichlinie fällt. Dann theilen wir die Höhe der Mulde AF von F aus in Theile von 50 Fuss gleich dem Abstand der Höhenlinien der Karte und ziehen durch diese Theilpunkte Parallelen zu DAE. Durch die Schnittpunkte dieser Parallelen mit der gegebenen Muldenlinie ziehen wir ein zweites System von Linien parallel zum

Streichen BAC, die wir mit a_1, a_2, a_3, a_4 u. s. w. bezeichnen. Dann verläuft der Ausstrich der gegebenen Mulde von A aus durch die Schnittpunkte der Linien $a_1\, a_1$ mit der zunächst höheren Höhenlinie, weiter durch die Schnittpunkte von $a_2\, a_2$ mit der zweithöheren, von $a_3 a_3$ mit der dritthöheren Höhenlinie u. s. f. In-

Fig. 116.

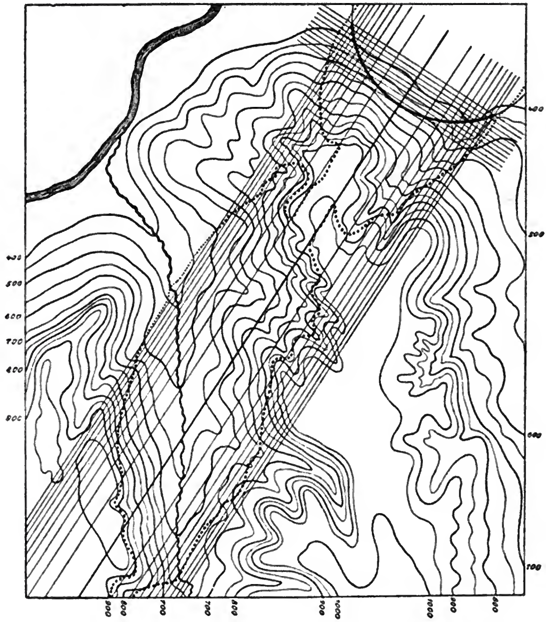


dem wir a_1, a_2, a_3 u. s. f. verlängern, erhalten wir zugleich die Grenzen an den Gehängen der weiterhin folgenden Thälchen, indem auch hier die Schnittpunkte der um $n \times 50$ Fuss über A liegenden Höhenlinien mit den beiden Linien a_n Punkte dieser Grenze bilden.

2. Gegeben eine schiefe nordöstlich streichende Mulde, deren Querschnitt durch die starke Linie der Figur 116 gegeben sei.

Die Konstruktion ist genau dieselbe, wie im vorigen Falle, nur dass die Abstände der im Streichen liegenden Parallelen in Folge der unsymmetrischen Form der Mulde zu beiden Seiten der Mittellinie sehr verschiedenen Abstand haben. In den zum überkippten Muldenflügel gehörenden Parallelen ist besonders genau

Fig. 117.

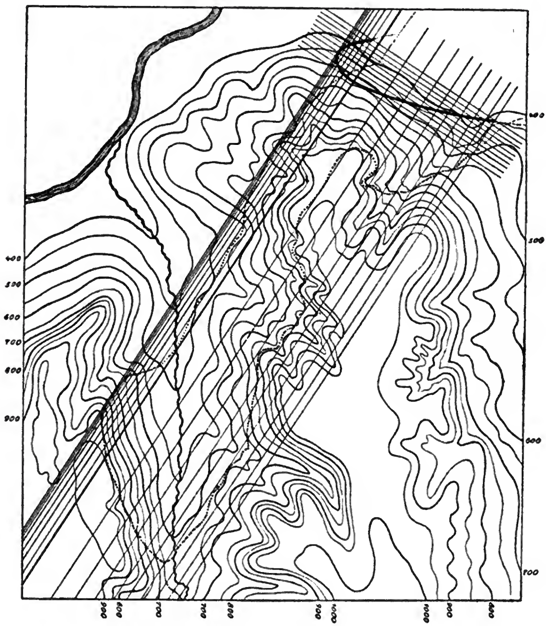


darauf zu achten, zu welcher Höhenstufe jede Parallele gehört und ob eventuell eine und dieselbe Parallele zwei Höhenstufen zugehört, wie z. B. die (von rechts nach links gezählt) vierte unserer Figur.

3. Gegeben ein regelmässiger nordöstlich streichender Sattel von 500 Fuss Höhe und 2000 Fuss Breite (Fig. 117), von dem angenommen wird, dass sein Scheitel (*A* der Fig. 115 entsprechend) in die 950 Fuss-Kurve fällt.

Die Konstruktion ist genau dieselbe, wie in Figur 115. Da aber der gegebene Punkt hier am höchsten liegt, so sind die Durchschnitte von den $a_1\,a_1$ der Figur 115 entsprechenden Linien mit der zunächst unter *A* folgenden Höhenlinie, die von $a_2\,a_2$ mit der zu zweit darunter folgenden u. s. w., die gesuchten Grenz-

Fig. 118.



punkte, durch deren Verbindung ich die einzutragende Grenzlinie erhalte.

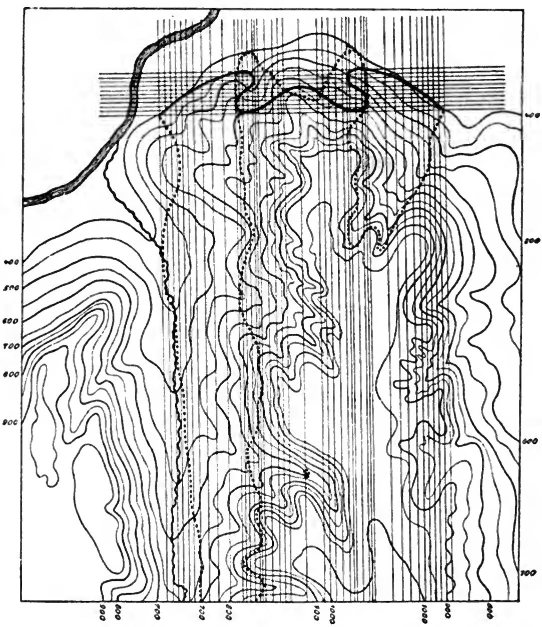
4. Gegeben ein schiefer (überkippter) Sattel vom Querschnitte der starken Linie in Figur 118 mit nordöstlich streichender Sattelachse. Lage des Scheitels wie in Figur 117.

Es ist klar, dass wie Fall 3 die Umkehrung von Fall 1 darstellte, so diese Aufgabe die Umkehrung von Fall 2 ist. Wir legen

genau die gleiche Konstruktion zu Grunde und stellen die Schnittpunkte der a_1, a_2, a_3 ... Linien mit der ersten, zweiten, dritten ... Höhenlinie unterhalb A als Grenzpunkte fest, deren Vereinigung die gesuchte geologische Grenze liefert.

Indem wir in allen diesen Fällen die Mulde resp. den Sattel im Streichen durch das ganze Blatt hindurchführen, sehen wir zu-

Fig. 119.



gleich, in wie verschiedener, von der Richtung der Gehänge und dem Neigungswinkel derselben abhängender Weise die Grenzlinien derselben Lagerungsform verlaufen.

Es ist leicht einzusehen, dass alle Krümmungen geologischer Grenzflächen innerhalb grösserer oder kleinerer Flächenräume als Theilstücke irgendwie gestalteter Sättel oder Mulden aufgefasst

werden können, und dass wir deshalb nach dem Angeführten in der Lage sind, für alle möglichen gegebenen Zusammenfaltungen ebener horizontaler Grenzflächen die geologische Grenze in einer Höhenlinienkarte zu geben, wenn das Streichen der Faltenachsen bekannt ist.

Aufgabe. Das in Figur 119 durch die starke Linie gegebene Faltensystem mit nordsüdlichem Streichen ist nach seinem Grenzausstriche in die Karte zu konstruiren. Figur 119 zeigt die Art der Lösung.

Weniger einfach gestaltet sich die Aufgabe, wenn die Mulden- resp. Sattelachsen nicht horizontal verlaufen, sondern gegen die Horizontalebene geneigt sind.

Wir beginnen mit der Aufgabe, in der Karte den Ausstrich eines Sattels von gegebenem Querschnitte einzuzeichnen, dessen Achse unter 25° nach Nordosten einfällt. Diese Aufgabe löst man am einfachsten in folgender Weise: Man konstruirt sich eine Linie, die angiebt, in welcher Weise der gegebene, unter 25° geneigte Sattel eine Horizontalebene schneidet. Man kommt am schnellsten zum Ziele, wenn man sich aus Kartonpapier ein Stück in der Gestalt des gegebenen Querschnittes ausschneidet (Fig. 121 links) und ferner ein rechtwinkeliges Dreieck, dessen einer Winkel 25° beträgt und in welchem parallel zur Hypotenuse in gleichen Abständen Linien gezogen sind (Fig. 120). Stellt man nun auf einem Blatt Papier den Sattel aufrecht und verschiebt an ihm das Dreieck, indem

Fig. 121.

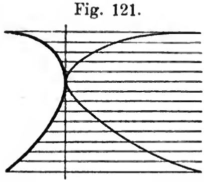
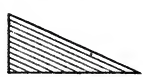


Fig. 120.

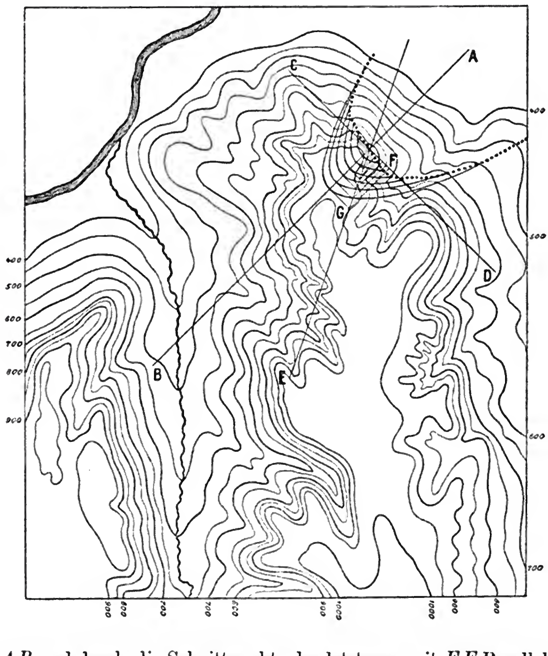


man gleichzeitig die Punkte bezeichnet, in denen die an die Sattelkurve anstossende Hypotenusenparallele die Unterlage schneidet, so erhält man durch Verbindung dieser Punkte die gewünschte Projektion. Auch diese Kurve schneidet man sich massstäblich aus Kartonpapier aus (Fig. 121 rechts).

Nun zieht man in der Karte durch den gegebenen Beobachtungspunkt F eine Linie im Streichen der Achsenprojektion AB

und trägt durch die Linie *FE* den gegebenen Einfallwinkel von 25° an. Durch *F* zieht man eine Senkrechte zu *AB*, *DC*, und trägt auf derselben vom gegebenen Beobachtungspunkte *F* aus den massstäblichen einfachen Abstand der Höhenlinien in der Richtung auf *D* eine Anzahl Male ab, zieht durch die Theilpunkte Parallelen

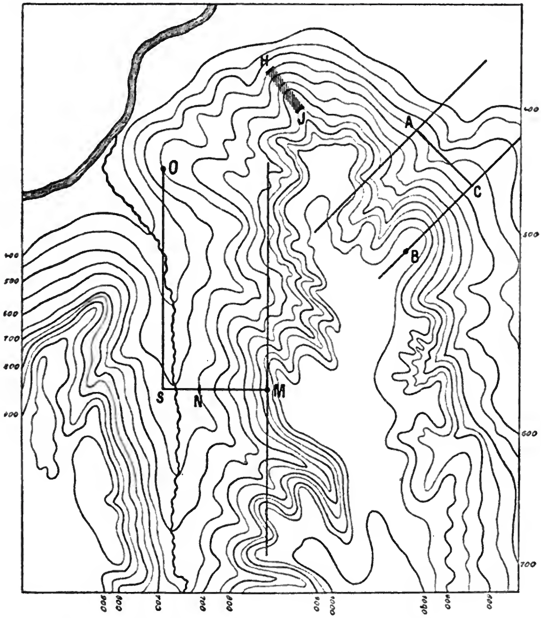
Fig. 122.



zu *AB* und durch die Schnittpunkte der letzteren mit *FE* Parallelen zu *CD* bis zur Linie *AB*. Dann ergeben die Schnittpunkte die auf die Horizontalebene projizirten Punkte, in denen die Achse des Sattels die einzelnen Isohypsenebenen schneidet. Nun legt man das Projektionsbild (Figur 121 rechts) so in die Konstruktion, dass die Achsen zusammenfallen und der Scheitelpunkt der Projektion nach einander auf die durch die Konstruktion gewonnenen Punkte

der Linie AB zu liegen kommt, wie dies Figur 122 zeigt. Die Durchschnittspunkte der Projektionslinie mit der unter F zunächst folgenden Höhenlinie bei der Lage des Scheitels auf dem ersten, mit der zweiten Höhenlinie auf dem zweiten Punkte u. s. w. geben in ihrer Verbindung die gesuchte Grenzlinie.

Fig. 123.



Der Werth dieser Konstruktion liegt darin, dass sie für alle Cylinderflächen im weiteren Sinne Gültigkeit hat, dass man also den Verlauf überkippter Falten, geknickter Falten u. a. in der gleichen Weise konstruktiv ermitteln kann, nachdem man zuvor die Gestalt des Durchschnittes der betreffenden geneigten Grenzfläche mit einer Horizontalebene ermittelt hat.

Wir schliessen hiermit das Kapitel der Grenzkonstruktionen

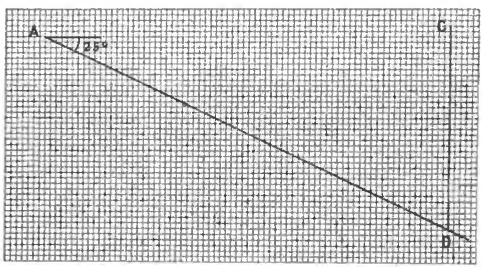
und besprechen anhangsweise noch einige Aufgaben der praktischen Geologie, die mit der erörterten Gesetzmässigkeit der Lage von ebenen Grenzflächen im Zusammenhange stehen.

Kennt man Streichen und Fallen einer Schicht und einen Punkt, an welchem dieselbe unter oder über Tage beobachtet ist, seiner Höhenlage nach und soll man bestimmen, wie tief an einer gegebenen Stelle ein Bohrloch niederzubringen oder wie lang ein horizontaler Stollen zu treiben ist, bis er die gesuchte Schicht erreicht, so verfährt man in folgender Weise:

a) Gegeben (Fig. 123 rechts) eine in *A* zu Tage tretende Schicht mit einem Streichen N 45° O und einem östlichen Einfallen von 30°. Wie tief muss ich in *B* bohren, um die Schicht zu treffen?

Ich trage durch *B* die gegebene Streichlinie ein und fälle von *A* aus auf dieselbe ein Loth *AC*. Dann trage ich auf Millimeterpapier die Punkte *A* und *C* in 1 : 1000 nach ihrem Horizontalabstande und nach ihrer aus der Karte ablesbaren Höhendifferenz ein (Fig. 124), ziehe durch *A* eine in der Richtung nach

Fig. 124.



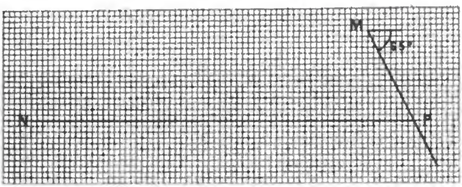
C um 30° geneigte Gerade *AD* und fälle von *C* aus ein Loth, welches *AD* in *D* schneidet. Die Linie *CD* giebt an, in welcher Tiefe von *C* aus die Schicht erreicht würde. Addirt man dazu die direkt ablesbare Höhendifferenz zwischen *B* und *C*, so hat man die gesuchte Zahl.

b) Gegeben eine in *M* (Fig. 123 links) zu Tage ausgehende, nordsüdlich streichende, unter 65° nach Osten einfallende Schicht.

In welcher Entfernung von O wird ein in ostwestlicher Richtung angesetzter Stollen die Grenzfläche antreffen?

Ich trage durch M die nordsüdliche Streichlinie, errichte in M ein Loth MN bis auf die Höhenlinie, auf der O liegt und von O aus das Loth OS. Dann trage ich wieder die Punkte M und N massstäblich unter Berücksichtigung ihres Höhenunterschiedes in Millimeterpapier ein, ziehe durch M unter einem Winkel von 65^0

Fig. 125.



gegen die Horizontale die Linie MP und durch N die horizontale Linie NP. Die Linie NP, vermehrt um die aus der Karte abzunehmende Länge NS, giebt die gesuchte Stollenlänge.

Dieselbe graphische Methode ist vortrefflich geeignet, die Mächtigkeit einer an einem Gehänge ausstreichenden Schicht zu bestimmen. Liegen die Grenzflächen horizontal, so ist die Mächtigkeit gleich der absoluten Höhendifferenz. Sind sie geneigt, so trägt man massstäblich zwei rechtwinklig zum Streichen übereinander d. h. also in derselben normalen Profilebene liegende Punkte der oberen und unteren Grenzfläche nach horizontaler und vertikaler Entfernung in Millimeterpapier ein, zieht die Schichtgrenzen unter Berücksichtigung des Einfallens und kann ohne Weiteres an einer lothrechten Verbindung beider die wahre Mächtigkeit der Schicht abnehmen.

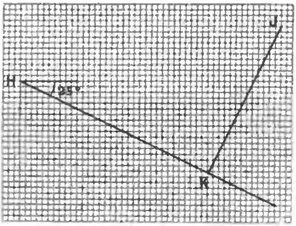
Angenommen, in Figur 123 oben sei in H die untere, in J die obere Grenzfläche einer unter 25^0 nach Südost einfallenden Schicht festgestellt, so würde die Konstruktion in 1 : 5000 die folgende sein (Fig. 126):

Ich trage die Punkte H und J im Massstabe 1 : 5000 ihres Längen- und Höhenabstandes in das Millimeterpapier ein, ziehe durch H eine Linie, die die Horizontalebene unter dem gegebenen Winkel von 25^0 schneidet und fälle auf diese Linie von J aus ein

Loth JK. Die Länge dieses Lothes ist gleich dem gesuchten Mächtigkeitsbetrage, wenn ich für je 1 mm seiner Länge 5 m ansetze.

Sehr einfach ist die Maclaren'sche Regel zur Feststellung der Mächtigkeit geneigter Schichten, die in ziemlich ebenem Terrain

Fig. 126.



ausstreichen. Nenne ich die Breite des Ausstriches, rechtwinkelig zum Streichen gemessen b, den Einfallwinkel α, die Mächtigkeit m, so ist

$$m = \frac{\alpha \times b}{60}.$$

Die Formel beruht auf der ziemlich regelmässigen Zunahme der Sinus-Werthe bis zum Betrage von 45° und ist nur für solche Schichten anwendbar, deren Einfallwinkel diesen Betrag nicht überschreitet.

Kapitel 25.

Geologische Grenzen.

Aus den im vorigen Kapitel besprochenen Konstruktionen lassen sich nun eine Reihe von allgemeinen Sätzen ableiten:

1. Wenn man zwei Durchschnittspunkte einer Höhenlinie mit einer Grenzlinie durch eine Grade verbindet, so liegt diese Verbindungslinie im Streichen der Schicht und giebt die Richtung dieses Streichens an.

2. Wenn man durch die nächst höhere oder tiefere Höhenlinie in gleicher Weise eine Streichlinie zieht, so ist der Parallelismus beider ein Beweis, dass die Grenzfläche eine Ebene ist, während etwaige Konvergenz eine gekrümmte Grenzfläche anzeigt. Ermittelt

man im ersteren Falle den Abstand zweier solcher Parallelen, so kann man auf dem Böschungsmassstabe direkt den Einfallwinkel ablesen.

3. Horizontale Grenzflächen liefern Grenzlinien, die mit den Höhenlinien parallel laufen.

4. Geneigte Grenzflächen laufen den Höhenlinien solange parallel, als das Streichen beider ein übereinstimmendes ist, schneiden sie aber, sobald dasselbe verschieden ist.

5. Wenn geneigte Grenzflächen quer gegen ein Thal verlaufen, so bilden sie in demselben einen Spitzbogen; das Wasser fliesst in denselben hinein, wenn das Einfallen mit dem Thale erfolgt und steiler ist, als die Neigung des Thalweges; in allen anderen Fällen fliesst es dagegen aus dem Bogen heraus.

6. Wenn geneigte Grenzflächen quer über einen Bergrücken verlaufen, so bilden sie auf der Karte Bögen, die nach dem Fusse des Berges hin offen sind, wenn das Einfallen eben dahin gerichtet und steiler als das des Kammes ist; andernfalls sind die Bögen gegen den Berggipfel geöffnet.

7. Vertikale Grenzflächen haben bei jeder Streichrichtung und bei jeder Geländeform auf der Karte geradlinigen Verlauf, welcher mit der Streichrichtung zusammenfällt.

8. Schneidet eine geneigte ebene Grenzfläche einen queren Bergrücken oder Thalboden von sich ändernder, erst steiler, dann flacherer Neigung, so entstehen im Allgemeinen elliptische Schnittlinien.

Um die Fälle 3—8 nochmals bildlich, schematisch, zu erläutern, sind die beiden Doppelfiguren 127 und 128 konstruirt: ein (unsymmetrisches) Thal und ein Bergrücken *ABC*, beide nach Westen einfallend und beide mit einem Gefällebruch in *B*, sind sowohl im Aufriss als im Grundriss mittelst Höhenkurven dargestellt; die Aufrisse zeigen im Punkte *D* ausstreichend in *a* eine mit dem zugehörigen Stück der Oberflächenprofillinie gleichsinnig, aber steiler, — in *e* eine ebenfalls gleichsinnig, aber flacher, — in *c* eine entgegenfallende, — in *b* eine saiger, — endlich in *d* eine horizontal ausstreichende Grenzfläche mit quer zur Bodenprofillinie *ABC* gerichtetem Streichen; die Grundrisse stellen jedesmal das zugehörige Kartenbild der Grenzlinie dar.

9. Zwei einander parallele Grenzflächen werden nur dann im Kartenbilde parallel erscheinende Grenzen liefern, wenn die Höhenlinien auch parallel verlaufen. Eine Ausnahme bilden nur die

Grenzen parallel verlaufender vertikal stehender Flächen, die unter allen Umständen parallel erscheinen. Im Uebrigen ist aber der

Fig. 127.

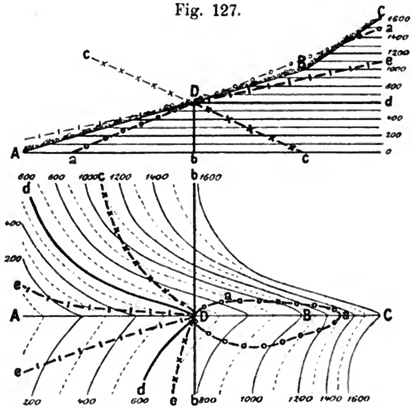
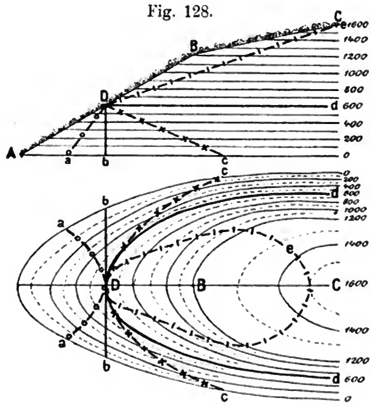


Fig. 128.



Zwischenraum zwischen den beiden Grenzlinien, d. h. die Breite des Ausstriches einer in ihrer Mächtigkeit gleich bleibenden Schicht

vollkommen abhängig von der Neigung und Exposition der Oberfläche und von Streichen und Fallen der Schichten, so dass, wie z. B. Fig. 110 zeigt, die beiden Grenzlinien einer horizontalen Schicht bald (an steilen Gehängen) dicht neben einander liegen, bald (an flachen Gehängen) sich weit von einander entfernen. Umgekehrt streicht auf einer Oberfläche mit nicht in Betracht kommenden Höhenunterschieden eine Schicht schmal aus, wenn sie steil einfällt, — breit dagegen, wenn ihr Fallen gering ist.

Aus den Konstruktionen des Schnittlinienverlaufes gefalteter, überhaupt gekrümmter Grenzflächen (Fig. 115—119) lassen sich keine solchen allgemeinen Sätze ableiten, da verschiedenartig gekrümmte Flächen auf einem und demselben Gelände mit ganz gleichen Grenzlinien ausstreichen können, wenn das Einfallen der Faltenachse entsprechend verschieden ist, und da umgekehrt Falten gleichen Querschnittes bei verschiedenem Einfallwinkel ganz verschiedenen Grenzverlauf zeigen.

Bei der Verbindung der ermittelten Grenzpunkte zu Grenzlinien hat man sich nach den obigen allgemeinen Regeln zu richten. Es ist unmöglich, in speziellerer Weise darüber Angaben zu machen, und es ist das bei der ungeheuren Mannigfaltigkeit der dem Geologen dabei sich bietenden Aufgaben auch gänzlich zwecklos. Genaues Studium sorgfältig gearbeiteter Karten, eingehender Vergleich von Feld- und Beobachtungskarten geschulter Geologen mit dem endgültigen Kartenbilde, wirken sehr viel belehrender, als die umständlichsten beschreibenden Darstellungen. Aus diesem Grunde habe ich in der beigehefteten Tafel an vier Beispielen gezeigt, in welcher Weise aus dem gesammelten Beobachtungsmaterial und aus den gewonnenen Grenzpunkten das fertige Kartenbild sich ergiebt. Fig. 1 stellt paläozoische Schichten dar, die von gangförmigen Eruptivgesteinen durchbrochen sind, Fig. 2 deckenförmige Eruptivgesteine, die mit Schichten des mittleren Rothliegenden auf Verwerfungen zusammenstossen, Fig. 3 einen von einer Verwerfung betroffenen theils horizontalen, theils flach gefalteten Komplex triassischer Schichten und Fig. 4 endlich eine diluviale Schichtenfolge am Rande einer Hochfläche, in die ein Thal sich ziemlich tief eingeschnitten hat. Von jeder Doppelkarte enthält die erste die im Felde gemachten Beobachtungen, eingetragen und fixirt durch Buchstabenreihen und Farbenstriche, sowie Angaben über eventuelle Korngrösse der Gesteine, Streichen und Fallen der Schichten, Vorkommen von Geschieben, und schliesslich, durch kurze Striche

markirt, die Lage der ermittelten Grenzpunkte. Im zweiten Kartenstücke fehlen diese Zeichen zum grössten Theile, dafür aber sind die Grenzpunkte zu Grenzlinien verbunden und die gleichen Flächen mit gleichen Farben angelegt worden.

Es geht aus dem bisher Gesagten klar hervor, dass man aus einer sorgfältig aufgenommenen und korrekt gezeichneten geologischen Karte ausserordentlich viel herauslesen kann. Wenn man nämlich die oben S. 210—213 gegebenen Leitsätze umkehrt und mit ihrer Hülfe die Karte sorgfältig studirt, so muss man, selbst wenn keine oder nur wenige Zeichen für Streichen und Fallen in ihr enthalten sind, eine grosse Menge von Daten über die Tektonik des Gebietes gewinnen können. Man muss erkennen können, ob die Grenzflächen eben oder gekrümmt sind, ob sie horizontal oder geneigt liegen, ob und wo Aenderungen im Streichen und Fallen eintreten, ob die Schichten ihre Mächtigkeit gleichmässig beibehalten, oder nach einer Seite hin ab- oder zunehmen, wie gross die Mächtigkeit ist, ob Faltenwurf vorliegt, wie die Falten streichen, ob Verwerfungen auftreten, ob Ueberschiebungen vorliegen, welcher Flügel gesunken oder gehoben ist; man muss den Bau der Horste und Gräben, die Lagerungsverhältnisse der Eruptivgesteine, das Fehlen oder Vorhandensein grösserer Diskordanzen und Transgressionen und noch viele andere Beobachtungen aus der geologischen Karte in Verbindung mit einer Terraindarstellung durch Höhenlinien ablesen können. Dazu gehört freilich ein intensives Versenken in die Details einer Karte, die Zuhülfenahme profilarischer Konstruktionen, die graphische Ermittelung von Streichlinien u. a., und der Anfänger wird bei solchen Kartenleseversuchen zunächst mit grossen Schwierigkeiten zu kämpfen haben. Er lasse sich aber dadurch nicht irre machen: mit der grösseren Uebung wird auch seine Fähigkeit im Kartenlesen zunehmen und die sichere Erkennung des geologischen Baues einer Gegend aus einer Karte, aus der der Unerfahrene nur petrographische oder Altersunterschiede der Schichten ersieht, wird als Lohn für die aufgewandte Mühe sich endlich einstellen. Andererseits erkennt der geübte Kartenleser aber auch schon aus der Darstellungsart, ob die Karte auf Grund sorgfältiger und eingehender Beobachtungen, oder nur auf Grund weniger flüchtiger Begehungen und schematischer Konstruktionen gezeichnet und demnach wie zuverlässig oder unverlässlich sie ist.

Es erübrigen noch einige Bemerkungen über bestimmte Arten des Grenzverlaufes. Wenn die obere und untere Grenze einer

Schicht sich mehr und mehr nähern und schliesslich zusammenfliessen, d. h. wenn die Schicht sich auskeilt, so kommt dies im geologischen Kartenbilde zum Ausdruck dadurch, dass die Grenzlinien mit einem Winkel zusammenstossen, der um so spitzer ist, je allmählicher das Auskeilen erfolgt. In Formationen, in denen linsenförmige, also nach allen Seiten hin rasch sich auskeilende Einlagerungen häufig vorkommen, wie in der Gneisformation vieler Gebiete, oder bei Gypslinsen u. s. w., werden diese Einlagerungen in der Kartendarstellung am häufigsten durch halbmondförmige oder ähnliche Linien zum Ausdruck gelangen (Fig. 129).

Fig. 129.

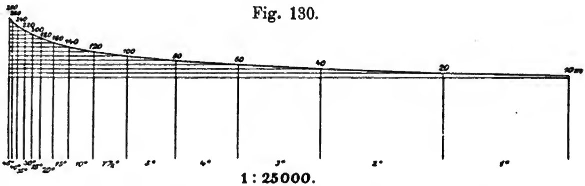


Die Richtung der Spitzen giebt alsdann den Hinweis auf den vermuthlichen weiteren Verlauf der betreffenden Schichtfuge und auf solche Stellen, wo man entsprechende linsenförmige Einlagerungen wieder erwarten darf. — Bilden die betreffenden Einlagerungen eine grössere stockförmige Masse, so kann dieselbe leicht mit der Oberfläche in einer nicht zugeschärften, sondern allseitig abgerundeten Grenzlinie zum Schnitte kommen. — Jenen linsenförmigen Einlagerungen ähnlich gestaltet, also halbmond- oder paragraphenähnlich sind die Kartenbilder diluvialer Flussterrassen, die sich ja doch auch (gegen den alten Uferrand hin) auskeilen.

Es können aber auch in einer Reihe von Fällen Grenzen unter mehr oder minder spitzen Winkeln zusammenstossen, ohne dass die Schicht sich auskeilte. Das ist der Fall, wenn die Schichtenfolge von einer Verwerfung abgeschnitten oder von einer jüngeren Schicht ungleichförmig überlagert wird. Denn die Ausstrichlinien der Verwerfungs- und Diskordanzflächen sind ja auch nichts anderes als geologische Grenzlinien.

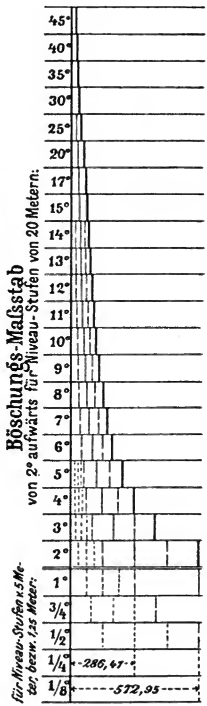
Aus diesen Gründen ist es ungerechtfertigt, an eckigen Grenzverläufen Anstoss zu nehmen, wie man es früher oft gethan hat, wo man am liebsten den Grenzen möglichst abgerundete eiförmige Gestalten gab. Aber eben diese unnatürliche Darstellung hatte auch zur Folge, dass man aus solchen alten Karten nichts Sicheres über Lagerung, Mächtigkeit u. s. w., öfter sogar das gerade Gegentheil vom wirklichen Verhalten, herauslesen konnte, z. B. in dem Falle, dass man einen kurzen Eruptivgesteinsgang mit einem eiförmigen Umriss, also in dem ideellen Bilde einer Decke oder eines Lagers, darstellte.

Fig. 130.



Oft wird es wegen schlechter Aufschlüsse unmöglich sein, gerade das Verschmälern und spitzwinkelige Enden einer Schicht durch Beobachtungen thatsächlich festzustellen; dann wird man aber trotzdem in der Karte nicht einen abgerundeten, eiförmigen Grenzverlauf darstellen dürfen, wenn das stratigraphische oder tektonische Verhalten die Darstellung von Spitzen und Ecken theoretisch erfordert.

Fig. 131.



Durch leichtfertige Kartenherstellung, zumeist natürlich auf Grund mangelhafter Beobachtungen, können auch Bilder von unmöglichem Grenzverlauf entstehen. Wenn es z. B. in der zugehörigen Erläuterung heisst, eine gewisse Schicht sei höchstens 15 Fuss mächtig, so können, die Richtigkeit der Höhenkurven vorausgesetzt, die beiden damit parallelen Grenzlinien einer horizontalen Schicht nicht um gar mehrere solcher Kurven von einander abstehen, wenn diese auf der betreffenden Karte Intervalle von 25 Fuss angeben. — Wenn es ferner in einer Erläuterung heisst, in der betreffenden Gegend herrsche ungestörte und ganz gewöhnliche Lagerung, so kann es nicht richtig sein, wenn aus der Karte zu entnehmen ist, dass eine und dieselbe Schicht einer gewissen anderen an der einen Stelle aufgelagert ist, an der anderen sie unterteuft (nur bei Eruptivgesteinslagergängen ist das möglich) oder dass die Schichten eines Konglomerats unter ein anderes cha-

rakteristisches Gestein einfallen, obwohl angegeben wird, dass sie Gerölle davon enthalten.

Wir haben bereits an mehreren Stellen des Böschungsmassstabes gedacht und der Art und Weise, wie man mit seiner Hülfe den Verlauf geologischer Grenzen, die Mächtigkeit der Schichten und die Neigungswinkel der Oberfläche feststellen kann. Nicht jede Karte aber enthält einen Böschungsmassstab; kommt man in die Lage, sich einen solchen selbst anfertigen zu müssen, so kann man dazu zwei verschiedene Wege einschlagen.

1. Man zieht zwei parallele Linien, deren Abstand so gross ist, wie derjenige zweier Höhenlinien der Karte, für die der Massstab bestimmt ist. Man darf aber die Differenz nicht zu gering nehmen, um die Parallelen nicht zu eng an einander rücken zu müssen. Man wird also beispielsweise bei Meterkurven den Parallelen einen Abstand von massstäblich 20, 25 oder 50 m, bei Fusskurven einen solchen von 50 oder 100 Fuss geben. Wählt man beispielsweise 50 m, so erhalten für 1 : 25 000 die beiden Parallelen einen Abstand von 2 mm. An das eine Ende der unteren Parallele trägt man nun mit dem Transporteur die Winkel von ½, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 und 45° an, und fällt von den Schnittpunkten dieser Schenkel mit der oberen Parallele Lothe auf die untere. Der Abstand dieser Lothpunkte von dem gemeinsamen Scheitel giebt an, um welchen Betrag bei der betreffenden Neigung zwei Isohypsen von 50 m Vertikalabstand in der Horizontalprojektion von einander entfernt sind. Diese Art und Weise, einen Böschungsmassstab anzufertigen, ist theoretisch unanfechtbar, leidet aber praktisch an dem Fehler, dass man bei sehr spitzen Winkeln den genauen Schnittpunkt der Schenkel mit der oberen Parallele nicht feststellen kann. Man verzichtet daher zumeist auf den konstruktiven Weg und gewinnt die Daten für den Böschungsmassstab rechnerisch.

2. Nennt man den gegebenen vertikalen Abstand der Höhenlinien, für die der Böschungsmassstab berechnet werden soll, a, den Winkel, für den man den horizontalen Abstand zweier Isohypsen sucht, b, so ist dieser gesuchte Abstand $x = \frac{a}{\operatorname{tg} b}$. Man setzt nun in die Formel nach einander die oben unter 1 angegebenen Winkelwerthe ein und berechnet sich den Abstand der projizirten Isohypsen für die verschiedenen Neigungen mit der Logarithmentafel. Mit diesen Werthen zeichnet man nun den Böschungsmassstab nach einer der in Figur 130 und 131 angegebenen Methoden.

Bei Figur 130 bezeichnen die horizontalen Parallelen die Höhenschichten bei einem Abstande von 20 m und die senkrechten Parallelen den rechnerisch ermittelten horizontalen Abstand je zweier solcher Höhenlinien für die verschiedenen von rechts nach links zunehmenden Winkelwerthe. Die obere gekrümmte Linie giebt das Profil eines Abhanges, in welchem von unten nach oben die immer steiler werdenden Böschungswinkel zum Ausdrucke gelangen.

Bei Figur 131 dagegen sind die rechnerisch ermittelten Abstände der Isohypsen für die einzelnen Winkel in ein System von gleichweit von einander entfernten Horizontalen durch je zwei vertikale Parallelen eingetragen. Mit zunehmender Grösse dieser Abstände sind in diese Konstruktion noch die Entfernungen der Zwischenkurven eingetragen. So beziehen sich die Abstände der starken Vertikalen auf 20 m; von 25—15° sind die 10 m-Linien eingeschaltet, von 14—6° die 5 m-Linien, von 5—2° auch theilweise die Hülfslinien von 1 1/4 zu 1 1/4 m. Der Böschungsmassstab für 1° umfasst nur noch 10, für 3/4° 7 1/2, für 1/2° 5, für 1/4° 2 1/2 und für 1/8° 1 1/4 m unter Angabe der absoluten Länge für den Abstand der 1 1/4 m-Linien bei 1/4 und 1/8°.

Die in Figur 131 dargestellte Methode der Anfertigung des Böschungsmassstabes scheint mir die praktischste zu sein, da man durch einfache Theilungen ihn an jedes System von Meterkurven anpassen kann. In ganz entsprechender Weise lässt sich natürlich auch ein allgemein gültiger Böschungsmassstab für Dezimal- und Duodezimalfusskurven anfertigen.

Wenn man die Neigung eines Gehängestückes wissen will, so greift man den Abstand zweier Höhenlinien in den Zirkel und sucht auf dem Massstabe die gleich grosse Entfernung der vertikalen Parallelen, worauf man ohne Weiteres den Böschungswinkel ablesen kann.

Dass man mit Hülfe des Böschungsmassstabes den Einfallwinkel einer Schicht aus einer geologischen Isohypsenkarte ablesen kann, ist S. 211 angeführt.

Kapitel 26.

Die Darstellung technisch nutzbarer Ablagerungen.

Eine besondere Besprechung verdient noch die Darstellung derjenigen technisch nutzbaren Lagerstätten, die Gegenstand des Bergbaus sind. Soweit dieselben als gleichwerthige Glieder einer

Schichtenfolge eingelagert sind, werden sie gleich wie diese in ihrem Ausstreichen an der Oberfläche gekennzeichnet, indem bei dünnen Schichten eine einfache farbige Linie, bei stärkeren Lagern oder Flötzen ein farbiges Band mit oberer und unterer Begrenzung die Verbreitung angiebt. Abweichend aber von der üblichen Darstellung von Sedimentärgesteinen pflegt man auf geologischen Karten auch die unterirdische Verbreitung solcher Lagerstätten, soweit dieselbe durch Bergbaubetrieb oder durch Bohrungen bekannt geworden ist, anzugeben. Man umgrenzt zu dem Zwecke dasjenige Gebiet, unter welchem die betreffende Erz-, Kohlen- oder Salzlagerstätte sich befindet und unter dem sie durch Bohrlöcher erreicht werden würde, durch eine einfache Linie. Hat man es mit einer Reihe von über einander folgenden derartigen Ablagerungen zu thun, wie beispielsweise mit einer grösseren Gruppe von Steinkohlen- oder Braunkohlenflötzen, so ist es natürlich unthunlich, die unterirdische Verbreitung jedes einzelnen Flötzes zur Darstellung zu bringen; man verfährt dann in der Weise, dass man diejenigen Flötze, die zu einer geologischen Unterabtheilung der betreffenden Formation gehören, in der angegebenen Weise zusammenfasst und durch eine Linie die Horizontalprojektion ihrer Verbreitung umgrenzt. Auf manchen Karten, beispielsweise im Verbreitungsgebiete des Kupferschieferflötzes im Mansfeldschen, wo ein lebhafter Bergbau umgeht, ist ausser der Projektion des gesammten Flötzes auch diejenige auf eine oder mehrere durch Stollensohlen bezeichnete Ebenen durch Linien dargestellt worden, die in ihrer Ausführung etwas von einander sich unterscheiden (ausgezogene, punktirte oder gestrichelte Linien).

Gangförmige Erzlagerstätten werden in derselben Weise zur Darstellung gebracht, wie Eruptivgesteinsgänge, also in ihrem Ausstreichen an der Oberfläche, und zwar wird, da die meisten derartigen Vorkommnisse eine geringe Mächtigkeit besitzen, eine einfache Linie in Silbergrau, Goldgelb oder irgend einer anderen Farbe zur Darstellung benützt, unter gleichzeitiger Bezeichnung der Richtung und der Stärke des Einfallens durch einen beigesetzten Pfeil rechtwinklig zum Streichen und eine beigefügte Zahl, welche angiebt, unter wie viel Grad der betreffende Gang gegen die Horizontalebene geneigt ist. Bei vertikal niedersetzenden Gängen kann man diese Zeichen fortlassen, da die Gradlinigkeit des Ausstreichens, die durch keinerlei Formen der Oberfläche beeinflusst wird, diese Lagerungsverhältnisse bereits hinreichend klar darstellt.

Solche Lagerstätten, die in grösseren oder kleineren Linsen

oder nestförmigen Partien auftreten und in den meisten Fällen durch spätere Ausfüllung vorgebildeter Hohlräume entstanden sind, können, da sie meist unter Tage liegen und an der Oberfläche nicht ausstreichen, nur in der Weise dargestellt werden, dass man ihre, ebenfalls durch Bohrungen oder Bergbaubetrieb bekannt gewordene unterirdische Verbreitung durch Linien bezeichnet, welche so gezogen werden, dass sie die äussersten bekannten Punkte einer vertikal unter ihnen liegenden Lagerstätte umgrenzen. Treten derartige, zur Darstellung geeignete Bildungen nur in geringer Zahl und Flächenausdehnung in dem darzustellenden Gebiete auf, so wird es keine Schwierigkeiten machen, dieselben zusammen mit der eigentlichen geologischen Karte, also mit der Oberflächenverbreitung der einzelnen Schichten, auf einem Blatte darzustellen; wo aber solche Lagerstätten verschiedener Art in grossen Mengen auftreten und die Gefahr vorliegt, dass das geologische Bild dadurch in seiner leichten Erkennbarkeit beeinträchtigt werden könnte, da pflegt man eine gesonderte Darstellung zu wählen; man giebt dann doppelte Karten, von denen die eine nur das geologische Oberflächenbild, die andere nur die unterirdische Verbreitung der darzustellenden Gegenstände des bergbaulichen Betriebes giebt, event. unter gleichzeitiger Angabe der geologischen Grenzen des Parallelblattes. Dasselbe ist auch da der Fall, wo — wie in Salz- und Steinkohlengebieten — ein ausgedehnter Bergbau die Lagerungsverhältnisse der Salz- und Kohlenflötze klar erkennen lässt. Auch hier wählt man, wie dies beispielsweise seitens der geologischen Landesanstalt von Preussen in dem Steinkohlengebiete an der Saar gemacht ist, eine Darstellung auf Doppelkarten, indem man auf dem zweiten Blatte in der oben angegebenen Weise die Projektion einzelner Flötze oder Flötzgruppen auf die Oberfläche durch verschiedenfarbige Grenzlinien bezeichnet.

Bei Kontaktlagerstätten, d. h. bei solchen, die auf der Grenze zwischen einem Eruptivgestein und dem angrenzenden Nebengestein als Imprägnation des einen oder anderen oder aller beiden auftreten, stellt man das Verbreitungsgebiet dieser Imprägnation durch eine besondere Signatur der betreffenden Schichten soweit dar, als dieselben an die Oberfläche treten und zur direkten Betrachtung gelangen, während die weitere unterirdische Verbreitung solcher Zonen, die also von dem allgemeinen geologischen Bau der betreffenden Gegend dargestellt ist, in Profildarstellung näher veranschaulicht wird. Auch kann man in Gebieten, wo flötzförmige Lagerstätten ausgebeutet

werden, einen Unterschied machen zwischen denjenigen Flötztheilen, die bereits ausgebeutet sind, und denjenigen, die zur Zeit der Aufnahme der Karte noch nicht in Angriff genommen waren, und zwar bedient man sich zu diesem Zwecke am besten zweier verschiedenartiger Systeme von Schraffuren in Schwarz oder in Farben, mit welchen man die betreffenden Flächen, auch wenn darüber jüngere Schichtglieder zur Darstellung gelangt sind, überzieht. Es ist ferner zweckmässig, durch kleine konventionelle Zeichen, wie sie in der geologischen Zeichenerklärung S. 137—138 angegeben sind, die Lage der Schächte und der Mundlöcher von Stollen darzustellen, und zwar setzt man neben die Schächte das bekannte Zeichen des Bergbaus, gekreuzte Schlägel und Eisen, in aufrechter Stellung, wenn der Schacht noch im Betriebe, — in verkehrter, wenn der Bergbau auflässig ist. In manchen Gebieten auflässigen Bergbaus kann man auch durch Eintragung der Lage von alten Halden und Pingen oftmals noch den Verlauf einer Lagerstätte einigermassen zum Ausdruck bringen, über deren nähere Verhältnisse keine historischen Nachrichten mehr vorliegen. Die Stollenmundlöcher muss man so eintragen, dass aus der Stellung des Zeichens die Richtung des Stollens zu ersehen ist.

Kapitel 27.

Geologische Profile.

Unter einer Profildarstellung versteht man die Projektion geologischer Grenzflächen auf eine vertikale Ebene, also das Bild, welches man erhalten würde, wenn man sich einen senkrechten Schnitt durch einen grösseren oder kleineren Theil der Erdoberfläche gelegt denkt. Man hat zu unterscheiden erstens Profile im weiteren Sinne, d. h. Ansichten, die man durch einen in beliebiger Himmelsrichtung gelegten Vertikalschnitt gewinnen würde, und zweitens Profile im eigentlichen Sinne, d. h. solche, die durch einen Schnitt rechtwinklig zur Streichrichtung erzeugt werden. Die letzteren könnte man als normale Profile bezeichnen, während die ersteren nur die Bezeichnung Aufriss oder Ansicht verdienen, aber in sehr vielen Fällen auch ohne weiteres als Profile bezeichnet werden. Es ist dringend anzurathen, bei jeder profilarischen Darstellung anzugeben, mit welcher von beiden Arten man es zu thun hat, ob ein normales Profil vorliegt, oder im anderen Falle, unter

welchem Winkel die Ansichtsebene mit der wahren Profilebene sich schneidet. Aus dem Gesagten geht schon hervor, dass man durch horizontal geschichtete Massen einen normalen Profilschnitt in jeder beliebigen Himmelsrichtung durchlegen kann, durch ein geneigtes Schichtensystem hingegen nur in einer.

Während eine geologische Karte die Verbreitung der Schichten auf der Oberfläche, also im Grundrisse, angiebt, hat die graphische Darstellung eines Profils den Zweck, die Uebereinanderfolge der Schichten und den natürlichen Verband verschiedener Schichtgruppen in einem Aufrisse zu veranschaulichen.

Man kann die Profile noch nach einem anderen Gesichtspunkte trennen in beobachtete und konstruirte. Unter den ersteren hat man solche Darstellungen zu verstehen, die sich auf eine, in einem Aufschlusse frei zu Tage liegende, in mehr oder weniger senkrechten Wänden sichtbare Partie der Erdkruste beziehen, also der Beobachtung unmittelbar zugänglich sind; während man unter konstruirten Profilen solche Darstellungen begreift, die nur zu einem Theil auf Beobachtung, zum grösseren Theile aber auf Konstruktionen beruhen. Während die ersteren gewöhnlich nur eine geringe horizontale Erstreckung darstellen, können die letzteren ausgedehnte Flächenräume veranschaulichen.

Bei einer jeden Profildarstellung ist es nothwendig, genau anzugeben, welches der Massstab derselben ist, und ferner, wie das Verhältniss des Höhenmassstabes zu demjenigen der Länge ist. Es mag hier mit aller Entschiedenheit darauf hingewiesen werden, dass es von grösster Bedeutung ist, die Höhe und die Länge in dem Profile in gleichem Massstabe darzustellen; es werden dadurch einmal anschaulichere Bilder geliefert, da jeder Unterschied im Massstabe ja ein karikirtes, verzerrtes Bild liefert, und es werden ferner Fehlerquellen vermieden, die leicht zu ganz falschen Konstruktionen und Vorstellungen über Schichten-Mächtigkeit und Verband führen können. Stellt es sich aber in besonderen Fällen als nothwendig heraus, eine „Ueberhöhung“ vorzunehmen, so ist der Betrag derselben ebenfalls in deutlicher Weise auf der Profilzeichnung anzugeben: z. B. „Länge 1 : 100000, Höhe 1 : 25000“ oder „Länge 1 : 100000, Höhe : Länge = 4 : 1“.

Bei der Aufnahme von Gruben und anderen Aufschlüssen bietet im horizontal geschichteten Gebirge jeder Aufschluss ein normales Profil; dagegen ist im geneigten Gebirge ein solches nur dann zu gewinnen, wenn eine Wand des Aufschlusses in der Rich-

tung des Einfallens liegt, während in allen anderen Fällen nur Ansichten zu beobachten sind. Für die Aufnahme eines Aufschlusses ist der Massstab 1 : 1000 ein durchaus geeigneter, bei welchem also 1 m der Länge der Wand einem Millimeter der Zeichnung entspricht. Man misst sich zunächst am Fusse der aufzunehmenden Wand eine Basis ab, trägt dieselbe, die in den meisten Fällen horizontal liegen wird, massstäblich auf dem Papiere ein und bezeichnet sich dabei zugleich die Lage aller derjenigen Punkte, die oberhalb dieser Linie deutliche Anhaltspunkte für die Beobachtung bieten, wie beispielsweise ein Baum, ein Felsen, die Kante eines Gebäudes oder etwas ähnliches. Nach einer der im Kapitel 21 angegebenen Methoden ermittelt man darauf die Höhenlage dieser Fixpunkte über der Basis und gewinnt durch die Vereinigung derselben die obere Begrenzungslinie des Profils, die in den meisten Fällen mit der Durchschnittslinie der Aufschlusswand mit der ursprünglichen Oberfläche zusammenfällt. Zwischen dieser oberen und unteren Grenzlinie des Profils trägt man hierauf die Schichtenfolge nach ihrer Mächtigkeit und Neigung ein. Giebt man mehrere Seiten eines Aufschlusses in einem Ansichtsprofile, so sind diejenigen Stellen, an denen die Profilfläche eine Knickung macht, durch eine vertikale Linie zu bezeichnen und es ist bei derselben anzugeben, in welcher Richtung und um welchen Winkelbetrag die Ansichtsebene sich ändert. Selbstverständlich kann ein normales Profil eine derartige Knickung der Ansichtsebene nur dann zeigen, wenn in der Richtung des Profils eine Aenderung im Streichen eintritt.

Ausser dieser Darstellungsmethode eines Aufschlusses kann man noch eine zweite wählen, bei welcher man die vor einem bestimmten Aufstellungspunkte liegende Wand als Profil zeichnet und die auf einer oder beiden Seiten an dieselbe in anderer Richtung sich anschliessenden Wände in perspektivischer Darstellung giebt. Eine solche Darstellung führt aber bereits hinüber zu einem vollständigen landschaftlichen, geologisch illustrirten Bilde und ist auch nicht mehr als eigentliches Profil zu bezeichnen.

Einem geübten Zeichner wird es nicht schwer fallen nach der Natur ein Profil in seinen richtigen Verhältnissen zur Darstellung zu bringen, einem minder Geübten werden dagegen mechanische Hülfsmittel zur Gewinnung eines korrekten Bildes von Vortheil sein. Als solches kann man einmal die Zeichenkamera benutzen, wobei man das durch ein Prisma auf eine matte Glastafel geworfene Bild auf derselben in den Konturen nachzeichnet und alsdann auf

Papier überträgt. Indem man einen Gegenstand von bekannter Länge, einen Stock, Regenschirm oder auch einen Menschen unmittelbar an den Fuss der aufzunehmenden Wand stellt, kann man es dahin bringen, durch geeignete Wahl des Aufstellungspunktes für die Kamera direkt ein Bild in dem gewünschten Massstabe zu erhalten. Ein zweites weit häufiger angewandtes Hülfsmittel ist der photographische Apparat, mit dessen Hülfe man ohne Weiteres ein genaues Bild erhält, welches für die Zeichnung eines Profiles von grösstem Nutzen ist. Nothwendig ist dabei zweierlei: Die Linse des Apparates muss so beschaffen sein, dass die Ränder des Bildes nicht verzerrt erscheinen, und die Aufnahme selbst muss so ausgeführt werden, dass sie auf eine vertikal stehende Platte erfolgt. Bei denjenigen Apparaten, die eine Schrägstellung der Kassette nicht gestatten, würde man, wenn man beispielsweise eine Steinbruchswand vom Grunde des Steinbruchs aus photographirt, den ganzen Apparat schief stellen müssen und alsdann ein durchaus verzerrtes Bild erhalten, in welchem der obere Theil des Aufschlusses bedeutend gegenüber dem unteren verkürzt werden würde; man thut daher, wenn man nur einen solchen Apparat besitzt, gut, wenn irgend möglich sich einen Punkt aufzusuchen, von dem aus man ohne Schiefstellung der Kamera ein Bild in dem gewünschten Umfange gewinnen kann. Mit jeder photographischen Aufnahme eines Aufschlusses muss Hand in Hand eine wenn auch noch so flüchtige Skizzirung der wichtigsten Linien des Aufschlusses erfolgen, damit man bei der späteren Umzeichnung des Profils in der Lage ist, die einzelnen Linien desselben genau vergleichen und wiedererkennen zu können. Noch besser ist es, wenn man Gelegenheit dazu hat, mit einer Kopie des fertigen Bildes sich noch einmal nach dem Aufschlusse zu begeben und mit Blei oder Wasserfarben die etwa noch wünschenswerth erscheinenden näheren Angaben in dem Bilde selbst zu machen.

Eine Abart der beobachteten Profile sind die Darstellungen der Ergebnisse von Bohrungen. Da in denselben das Material der gesammten durchbohrten Schichtenreihe zu Tage gefördert wird, im festen Gestein heute fast ausschliesslich in Form von Bohrkernen, so kommt man, wenn man bei einer Bohrung zugegen sein oder die vollständige Bohrprobenfolge einsehen kann, in die Lage, die Aufeinanderfolge der Schichten auf's Genauste festzustellen, man kann sogar aus der Lage der von Bohrlöchern durchsunkenen Schichtenflächen deutlich erkennen, ob die Bohrung in horizontal gelagertem Gebirge stattgefunden hat oder innerhalb einer geneigten

Schichtenfolge. Man kann im letzteren Falle den Winkel dieser Neigung erkennen, und die moderne Bohrtechnik hat mehrere Hülfsmittel, um sogar die Richtung des Einfallens der Schichten im Bohrloche zu bestimmen. Ist diese letztere ziemlich mühsame und umständliche, aber für viele praktische Zwecke äusserst wichtige Untersuchung ausgeführt, so hat man damit alle Elemente, um ein genau rechtwinklig zum Schichtenstreichen liegendes, also normales Profil des Bohrloches zu geben. Man wählt die Darstellungsweise gewöhnlich so, dass man zwischen zwei $^1/_2$ — 1 cm von einander entfernten parallelen Vertikallinien die Schichtenfolge nach einem Massstabe einträgt, dessen Höhe von der Tiefe des Bohrloches abhängig ist. Bei Bohrungen bis zu 500 m Tiefe, und das ist der weitaus grösste Theil aller jemals ausgeführten, besitzt das Bohrprofil im Massstabe 1 : 2000, bei welchem also eine 2 m mächtige Schicht 1 mm stark erscheint, eine Länge von 25 cm, also eine durchaus nicht übermässig grosse Länge. Bei tieferen Bohrungen wird man etwa den Massstab 1 : 5000 für die Darstellung zu wählen haben. Auf die eine Seite des Bohrprofils setzt man die Tiefenzahlen für jede einzelne Grenzschicht und die petrographische Beschaffenheit des zwischen zwei solchen Grenzen eingeschlossenen Gesteins, auf die andere Seite, wenn dies möglich ist, eine Zusammenfassung der einzelnen Schichten zu Formationen oder Unterabtheilungen derselben. Eine etwas stärkere, quer über die Bohrlochsdarstellung gezogene horizontale Linie giebt an, an welcher Stelle des Bohrloches das Niveau des Meeresspiegels geschnitten wird, und eine andere derartige Linie bezeichnet die Stelle oder die Stellen, an denen während der Bohrung nennenswerthe Wassermengen angetroffen wurden, eventuell mit Zusätzen der sich auf die Beschaffenheit des Wassers — warm oder kalt, Soole oder reines Wasser — beziehenden Bemerkungen. Sind in einem und demselben Gebiete eine Anzahl von Bohrungen ausgeführt, so ordne man dieselben bei der graphischen Darstellung so, dass sie möglichst in der Richtung eines normalen Profils neben einander zu liegen kommen, so dass also eine Verbindung der entsprechenden Schichten der einzelnen Bohrungen den Werth eines über die ganze mit Bohrungen besetzte Fläche sich erstreckenden Profils haben würde. Selbstverständlich sind bei einer solchen Darstellung alle Bohrungen so zu orientiren, dass die Lage des Meeresspiegels alle an der richtigen Stelle schneidet. Ein kleiner Grundriss gebe die gegenseitige Lage der einzelnen Bohrpunkte.

Unter „konstruirten Profilen“ versteht man solche, die in einem Querschnitte den geologischen Bau eines grösseren Gebietes darstellen sollen und in der Weise ausgeführt werden, dass man die beobachtete Oberflächenverbreitung der einzelnen Schichten nach der Tiefe zu durch Konstruktionen ergänzt, die sich folgerichtig aus einer Reihe von einzelnen Beobachtungen über den Verband der Schichten an der Oberfläche ableiten lassen. Bei diesen Konstruktionen ist es in hohem Masse erwünscht, dass dieselben normale Profile darstellen. Sollte indessen der Fall eintreten, dass eine solche Profillinie einmal aus ihrer Lage rechtwinklig zum Streichen in eine solche spitzwinklig oder parallel mit demselben übergeht (was dann der Fall ist, wenn beispielsweise zwei Faltensysteme einander kreuzen), so thut man gut, den im Streichen liegenden Theil, der dann kein Normalprofil mehr ist, durch punktirte Linien von dem Uebrigen zu unterscheiden. — Ein solches Profil über eine grosse Strecke hin, wird wohl immer dazu dienen, das Verständniss einer geologischen Karte zu erleichtern. Man trägt deshalb die Profillinien auf der Karte ein und bezeichnet sie an ihrem Anfangs- und Endpunkte mit Buchstaben, die mit denjenigen am Anfange und Ende des Profils korrespondiren. Man thut ferner gut, für Karte und Profil einen einheitlichen Massstab zu wählen, damit man beide unmittelbar mit einander vergleichen kann. Der Massstab der Messtischblätter 1:25000 ist für die profilarische Darstellung noch hinreichend, wenn auch in demselben eine Schichtenmächtigkeit von 25 m sich erst als 1 mm darstellt. Bei der Konstruktion eines solchen Profils verfährt man in folgender Weise: Auf sogen. Millimeterpapier (s. Fig. 124), welches mit einem Quadratnetz von Linien im Abstande von je 1 mm überzogen ist, trägt man sich eine horizontale Linie ein und bezeichnet dieselbe als Linie des Meeresspiegels; dann legt man den Rand eines gerade abgeschnittenen Papierstreifens auf der Karte auf die eingetragene Profillinie, trägt sich auf denselben mit kurzen Bleistiftstrichen die Schnittpunkte der Profillinie mit den Isohypsen der Karte ein, notirt bei jedem dieser Schnittpunkte die Höhenlage der betreffenden Isohypse und überträgt alsdann diese Punkte auf das Meeresniveau des Millimeterpapieres, errichtet in ihnen Lothe und macht dieselben gleich der Höhe der zugehörigen Isohypse über dem Meeresspiegel. Verbindet man nun die so gewonnenen Lothendpunkte, so erhält man ein massstäbliches Bild von der Gestalt der Erdoberfläche über der Profillinie. Mit einem zweiten

Papierstreifen trägt man nun in derselben Weise die Schnittpunkte geologischer Grenzen mit der Profillinie auf das zu zeichnende Profil über; zugleich verwerthet man dabei die an den einzelnen Stellen bezüglich der horizontalen Lage oder des Einfallens der Schichten gemachten Beobachtungen und lässt in der Darstellung die betreffenden Schichten unter den entsprechenden Winkeln die Erdoberfläche schneiden. Diese auf Beobachtung beruhenden Grenzlinien zeichnet man in dem der Erdoberfläche zunächstliegenden Theile des Profils mit vollen Linien aus; ist man in der Lage, irgend welche bestimmten Schlussfolgerungen über den Schichtenverband in grösserer Tiefe unter der Oberfläche machen zu können, so drückt man dies gleichfalls in dem Profil aus, unterscheidet sie aber von dem beobachteten Theile dadurch, dass man den gemuthmassten Verlauf der Grenzlinien durch punktirte Linien wiedergiebt.

Wenn Schichten von 25 m Mächtigkeit nur 1 mm stark im Profil erscheinen dürfen, so ist es klar, dass man bei der Auswahl des im Profil Darzustellenden sich einzuschränken hat, und dass es in vielen Fällen nicht möglich ist, kleinere Einlagerungen, die auf der Karte in gleichem Massstabe noch recht gut zum Ausdruck zu bringen sind, im Profil richtig zu geben. Sind sie unwichtig, so thut man gut, sie ganz und gar fort zu lassen; sind sie dagegen aus irgend welchem Grunde für die Erkenntniss des Schichtenbaus oder für die Technik von Bedeutung, so müssen sie auf Kosten der angrenzenden Schichten mit einiger Uebertreibung dargestellt werden. Indessen wird man im letzteren Falle wohl im Allgemeinen eine Vergrösserung des Massstabes für Höhe und Länge, also auf etwa 1 : 5000, vorziehen, da die Anwendung eines gleichen Massstabes für alle Bildungen immer von ausserordentlichem Werthe sein wird. Zum Zwecke der Reproduktion zeichnet man die so gewonnene Profilzeichnung um und lässt dabei das Koordinatensystem der Millimeterhülfslinien ausfallen.

Wenn Schichten sehr flach einfallen, so kann eine massstäbliche Profildarstellung leicht dahin führen, dieses Einfallen gar nicht zu erkennen. Man hilft sich in diesem Falle damit, dass man parallel zu der im Meeresniveau liegenden Linie eine Anzahl von Parallelen zieht, die in der Natur etwa von 100 zu 100 oder von 50 zu 50 m, also bei 1 : 25000 in einem Abstande von 4 resp. 2 mm einander folgen. Sind solche Linien in einem Profil gezogen, so gestatten dieselben, mit Leichtigkeit auch ein schwaches Einfallen zu erkennen.

Wenn in einem Profil eine lange Strecke mit horizontaler Lagerung

der Schichten sich befindet, in welcher nicht die geringste Aenderung vor sich geht, so kann man, um dem Profile keine zu grosse Länge geben zu müssen, den grössten Theil dieser Strecke ausfallen lassen und das Profil zusammenrücken; man bezeichnet dann durch zwei vertikale Linien die Stellen, an denen das Profil abgeschnitten ist und setzt in die Lücke zwischen beiden eine Zahl hinein, die in Metern oder Kilometern die Länge der ausgefallenen Strecke angiebt.

In manchen Fällen lässt es sich nicht vermeiden, ein Profil mit schwacher Ueberhöhung zu geben. Es ist dies vor allen Dingen dann der Fall, wenn es sich darum handelt, Oberflächenformen in wenig bewegten Gebieten zum Ausdruck zu bringen, wie beispielsweise die meilenbreiten Thäler des norddeutschen Flachlandes mit ihren oft nur 15—20 m hohen Thalrändern. Hier würde ein Profil von mehreren Dezimetern Länge die Oberfläche als eine fast gerade Linie geben, in welcher das in der Natur so vorzüglich ausgeprägte Thal als eine flache, kaum sichtbare Einsenkung von weniger als 1 mm zum Ausdruck gelangen würde. Hier ist also, wenn man das Phänomen überhaupt kenntlich machen will, eine Uebertreibung des Höhenmassstabes direkt geboten; aber es muss bei einem solchen Profil, an in die Augen fallender Stelle, das Mass dieser Ueberhöhung, also das Missverhältniss zwischen Höhe und Länge deutlich in der oben S. 222 angegebenen Art und Weise zum Ausdruck gebracht werden.

Wer aus irgend einem Grunde ein Profil, welches durch geneigte Schichten geht, überhöht darstellt, muss mit grosser Sorgfalt darauf achten, dass er neben der Vergrösserung der vertikalen Dimension auch die Winkel entsprechend erhöht. Selbstverständlich darf dabei die Gradzahl des Winkels, etwa bei Verdoppelung der Höhe, nicht auch verdoppelt werden; vielmehr nimmt die Grösse des Winkels zu mit der Tangensfunktion.

In welcher Weise bei den verschiedenen Graden der Ueberhöhung die Winkel des Schichteneinfallens zu ändern sind, zeigt die Tabelle S. 230.

Beim Studium der durch den Bergbau gebotenen gegenwärtigen und früheren Aufschlüsse über die Lagerungsverhältnisse erhält man oftmals alte Grubenrisse in die Hand, in denen als Mass irgend eine uns heute fremd gewordene Längeneinheit dient. Um das Verständniss solcher alten Risse zu erleichtern, gebe ich auf S. 229 in tabellarischer Form eine Zusammenstellung älterer bergbaulicher Masse in ihren Beziehungen zum Metersystem.

Reduktionstabelle der gebräuchlichsten, insbesondere auf bergbaulichen Rissen benützten Längenmasse.

Es sind 100	Meter	100 m sind	Es sind 100	Meter	100 m sind
Preussische Lachter	209,2	47,8	Wiener Klafter	189,7	52,6
Sächsische neue Lachter	200,0	50,0	Böhmische Klafter	177,82	56,4
Sächsische alte Lachter	197,7	50,6	Württemberg. Klafter	202,8	49,4
Freiberger Lachter	194,3	51,4	Salzburger Stabl	119,2	83,9
Hannoverische, Braunschweigische, Klausthaler Lachter	191,9	52,1	Preussische Ruthen	376,62	26,55
			Badische Ruthen	300,0	33,3
			Braunschweig. Ruthen	456,6	21,9
Harzgeröder Lachter	204,0	49,02	Schweizer Ruthen	300,0	33,3
Eislebener Lachter	201,1	49,7	Preussische, Dänische Faden	188,3	53,1
Alte Schlesische Lachter	192,0	52,08			
Schaumburg-Lippische Lachter	203,1	49,2	Schwedische Faden	178,1	56,4
			Holländische Faden	188,4	53,1
Schwarzburg-Rudolstädter Lachter	206,9	48,3	Englische Faden	182,8	54,6
			Französische Faden	162,4	61,5
Badische neue Bergwerkslachter	300,0	33,3	Spanische Faden	167,2	59,8
			Portugiesische Faden	177,7	56,3
Bayerische, Pfalz-Zweibrückische Lachter	194,2	51,5	Preussische Dezimalfuss	37,662	265,52
Pfälzer Lachter	212,7	47,0	Rheinländische, Preussische, Dänische Fuss	31,385	318,7
Württemberg. Lachter	202,0	49,4	Badische, Schweizer Fuss	30,00	333,3
Idrianische Lachter	191,8	52,1	Bayerische Fuss	29,2	342,5
Schemnitzer Lachter	202,2	49,5	Sächsische Fuss	28,3	353,3
Joachimsthaler Lachter	191,8	52,1	Württembergische Fuss	28,6	349,6
Kitzbühler Lachter	178,7	55,9	Hannoverische oder Kalenberger Fuss	29,209	342,5
Polnische Lachter	201,6	49,6			
Russische Lachter	213,5	46,8	Hannoverische Salzwerksfuss	25,611	390,6
Schwedische Lachter	178,1	56,3			
Dänische Lachter	201,1	49,7	Oesterreichische Fuss	31,6	316,4
Englische Lachter	182,9	54,6	Pariser Fuss	32,484	307,9
Sächsische Bergellen	57,14	175,0	Englische Fuss	30,479	328,1
Klafter	200,0	50,0			

Es wird ein Winkel von	Bei Ueberhöhung auf das			
	Doppelte	Dreifache	Vierfache	Fünffache
5°	9° 55′	14° 45′	19° 15′	23° 30′
10°	19° 20′	29° 45′	35°	41° 30′
15°	28° 15′	38° 45′	47°	53° 15′
20°	37° 10′	47° 30′	55° 30′	61° 15′
25°	43°	54° 30′	61° 45′	66° 45′
30°	50°	60°	66° 30′	71°
35°	54° 30′	64° 45′	70° 20′	74° 10′
40°	59° 15′	68° 30′	72° 30′	76° 40′
45°	63° 30′	71° 45′	76°	78° 45′
50°	67° 15′	74° 30′	78° 10′	80° 45′
55°	70° 45′	76° 45′	80°	82°
60°	73° 45′	79°	81° 45′	83° 25′
65°	76° 45′	81° 10′	83° 20′	84° 40′
70°	80°	83° 5′	84° 50′	85° 50′
75°	82° 30′	85°	86° 10′	86° 55′
80°	85°	86° 40′	87° 30′	88°
85°	87° 30′	88° 20′	88° 45′	89°

Kapitel 28.

Die weitere Behandlung der Feldblätter.

Bevor ich den Abschnitt über geologische Kartenaufnahmen und über alle mit graphischen Darstellungen verbundenen Untersuchungsarbeiten im Freien schliesse, muss ich noch mit einigen Worten auf die Behandlung der im Felde gewonnenen Karten, Zeichnungen, Profile, Skizzen u. s. w. hinweisen. Da naturgemäss bei der Arbeit draussen nur Blei- und Buntstift zu den Eintragungen benutzt werden können, die so gewonnenen Notizen und Linien aber sich sehr leicht bei fortgesetztem Gebrauche der betreffenden Karte oder des Skizzenbuches verwischen würden, so ist es nöthig, die gesammelten Daten etwas dauerhafter zu fixiren. Zu diesem Zwecke zieht man, und zwar am besten an jedem Tage nach Schluss der Arbeit oder am Morgen vor Beginn der neuen Arbeiten, die sämmtlichen mit Bleistift gezeichneten Linien, Buchstaben oder kurzen Notizen mit unverwaschbarer Aus-

ziehtusche nach. Es muss dem Geschmacke jedes Einzelnen überlassen bleiben, welche Farbe er dazu nimmt, doch scheint sich die dunkelblaue am besten dazu zu eignen, da die so gezogenen Linien sich durch ihre Farbe bereits von den Höhenlinien der topographischen Unterlage besser abheben, als solche mit schwarzer Farbe. Auch thut man gut, die im Felde bereits flüchtig mit Buntstiftfarben angelegten Flächen noch einmal mit etwas mehr Sorgfalt mit den gleichen Farben zu verstärken, um so einem etwaigen Verwischen und Undeutlichwerden besser vorzubeugen. In derselben Weise verfährt man mit den Profilen, die man etwa aufgenommen hat, indem man dieselben sorgfältig nachzeichnet, die ermittelten Dimensionen für die Länge und Schichtenmächtigkeit einträgt und die flüchtigen Bleistiftnotizen zu einer etwas ausführlicheren Darstellung umarbeitet, so dass für das Gedächtniss möglichst wenig Belastung übrig bleibt. Auch thut man gut, am Rande des Kartenblattes mit kleinen, bunten Farbenflecken eine vorläufige Farbenerklärung anzulegen, damit Verwechselungen und Irrthümer auch dann thunlichst ausgeschlossen sind, wenn etwa die weitere Bearbeitung und Vollendung eines solchen Blattes aus irgend welchen Gründen von einem Anderen als dem zuerst Aufnehmenden ausgeführt werden muss.

Sind die Karten für spätere Veröffentlichung eines selbständigen Kartenwerkes oder als Beigabe zu einer wissenschaftlichen Spezialarbeit bestimmt, so müssen sie für den Druck vorgerichtet werden. Sie sind zu diesem Zwecke auf eine reine topographische Unterlage umzuzeichnen und mit kräftigen, sich scharf von einander abhebenden Farben, Schraffirungen, Punktirungen u. s. w. auszuführen. Die dazu gehörige Farbenerklärung muss die sämmtlichen auf der Karte vorkommenden Bildungen umfassen und für jede derselben ein besonderes Farbenschild geben. Bei der Anordnung der Farbenschilder beginnt man mit den Sedimentärgesteinen, indem man mit den ältesten anfängt und mit den jüngsten endigt, lässt dann die etwaigen Eruptivgesteine nach ihrem Alter in natürlichen Gruppen folgen und schliesst vorkommendenfalls mit einer Erklärung etwa angewandter Zeichen. Dahin gehören die benutzten Zeichen für Verwerfungen, für Erzgänge, für Quellen, abgestürzte Massen, Grubenhalden, Grubenabraum, Bruchgebiete (in Gegenden, wo Braunkohlen im Bruchbau abgebaut werden), Ausfüllungen alter Gruben, das Vorkommen grosser Blöcke, die Verbreitung von Gletschern und Firnfeldern, für das Vorkommen der verschiedenen Arten von

Versteinerungen, für im Betrieb befindliche und auflässige Bergwerke und andere Dinge. Am Schlusse von Kapitel 16 ist bereits eine Zusammenstellung zahlreicher derartiger Zeichen und Abkürzungen gegeben.

Kapitel 29.

Das Sammeln von Gesteinen.

Ueber das Sammeln und die weitere Behandlung von Versteinerungen folgen in dem letzten Theile dieses Werkes ausführliche Mittheilungen. An dieser Stelle sei über die Grundsätze beim Sammeln von Gesteinen folgendes angeführt:

Die äussere Schönheit der zu sammelnden Gesteinsstücke kann nur dann Berücksichtigung finden, wenn der Sammler sich längere Zeit in einem und demselben Gebiete aufhält. Ist er aber auf Reisen, muss er rasch vorwärts eilen, so wird er sich oftmals begnügen müssen, eine kleine, vorspringende Ecke von einem Felsen am Wege abzuschlagen und mitzunehmen. Aber selbst bei einer derartigen Sammelmethode sind 3 Grundsätze festzuhalten, ohne deren genaue Befolgung das gesammelte Material mehr oder weniger werthlos sein würde: 1. Die Gesteinsstücke sind vom anstehenden Gestein abzuschlagen, nicht von losen Blöcken, mögen dieselben auch noch so bedeutende Grösse besitzen. Die Möglichkeit, dass sie als Geschiebe von weit her an ihren heutigen Ort gelangt sein können, liegt immer vor und könnte leicht zu falschen Schlüssen Veranlassung geben. Diese erste Regel entfällt selbstverständlich in dem Falle, dass es sich um Aufsammlung von Gesteinen aus Moränenbildungen handelt, zum Zwecke der Bestimmung des vom Gletscher zurückgelegten Weges. In solchem Falle kann natürlich nur von losen Blöcken gesammelt werden. Die Regel entfällt ferner, wenn man die Herkunft der losen Blöcke kennt und diese ein frischeres Gestein darbieten, als man es vom Anstehenden erlangen kann. 2. Die abgeschlagenen Gesteinsstücke müssen wenigstens eine frische Bruchfläche besitzen, die dem Sammler die Ueberzeugung verschafft, es mit frischem Gestein zu thun zu haben. Verwittertes Gestein sammelt man dann, wenn es sich darum handelt, die Vorgänge bei der Verwitterung eines Gesteins zu studiren. 3. Jedes Stück muss sogleich mit einer kurzen Fundortsbezeichnung in klarer, nicht misszuverstehender Weise versehen werden. Entweder legt man dem

Stücke direkt eine Etikette bei, oder man notirt den Fundort auf dem Rande des zum Einwickeln bestimmten Papiers, den man zu besserem Schutze mehrmals umschlägt, oder man klebt einen kleinen Zettel mit gutem Gummi auf das Stück, schreibt eine Nummer darauf und notirt unter derselben Nummer im Notizbuche das Erforderliche. Die grösste Sicherheit gegen Verwechslungen hat man natürlich, wenn man die zuletzt genannte Methode mit einer der beiden erstgenannten verbindet. Auch empfiehlt es sich, durch ein Zeichen (etwa!) die Stellen auf der Karte zu bezeichnen, wo Gesteinsproben entnommen sind.

Hat man die nöthige Zeit zur Verfügung, so soll man auf ein schönes Aeussere der gesammelten Gesteinsstücke Gewicht legen. Das Stück muss ein regelmässiges, rechteckiges Format besitzen, ein sogen. „Handstück“ sein. Die Masse dieser rechteckigen Stücke betragen gewöhnlich in der Länge 10—12, in der Breite 6—9, in der Dicke 2—3 cm. Ferner gehört nach der gewöhnlichen Meinung zu einem vollkommenen Handstücke, dass es auf allen Seiten frischen Bruch besitzt, also nicht von Kluftflächen begrenzt wird, die ja gewöhnlich mit einer Verwitterungsrinde bedeckt sind. Die Schwierigkeiten, die die einzelnen Gesteine dem Formatisiren entgegensetzen, sind sehr verschieden. Manche Gesteine lassen sich ausserordentlich leicht in Handstücksform bringen, andere bereiten durch ihre Zähigkeit oder durch die grosse Zahl von Klüften viele Schwierigkeiten; bei manchen Gesteinen letzterer Art wird das Formatgeben direkt zur Unmöglichkeit. Die geringste Mühe, gute Handstücke zu erlangen, hat man da, wo ein Gestein im Steinbruchsbetrieb gewonnen wird; hier finden sich gewöhnlich Schlag- oder Sprengstücke von geeigneter Stärke und mit frischen Bruchflächen in hinreichender Menge. Auch da, wo ein Gestein in steilen Klippen ansteht, kann man gewöhnlich mit einem schwereren Hammer ein grösseres Stück abschlagen und mit leichterem Hammer weiter formatisiren. Zur Unmöglichkeit wird dies aber da, wo das Gestein nur in sanft abgerundeten Formen zu Tage ansteht oder nur in grossen, runden Blöcken die Oberfläche bedeckt. In solchem Falle bleibt, wenn man gute Stücke haben will, kaum etwas anderes übrig, als ein Bohrloch setzen und ein grösseres Stück mit Pulver absprengen zu lassen. Beim Schlagen der Handstücke ist es sehr vortheilhaft, einen Hammer mit ziemlich scharfer, 30—40° besitzender Schneide zu haben, die rechtwinkelig zum Stiele verläuft. Die Kunst, die richtigen Schläge zu thun, unter denen das Gestein sich zum vorschriftsmässigen Handstücke bildet, muss durch Uebung gelernt werden, und jedes Gestein verlangt

besondere Kunstgriffe. Zuweilen wird man dabei Beobachtungen über gewisse Richtungen leichterer Spaltbarkeit (versteckte Schieferung u. s. w.) machen, die einem sonst entgangen wären.

Was von Gesteinen zu sammeln ist, hängt ganz davon ab, welcher Zweck damit verbunden wird. Handelt es sich um Erlangung vollständiger petrographischer Suiten für ein Gebiet, so ist auf mancherlei zu achten. Bei Eruptivgesteinsgängen sammle man aus der Mitte, von den Sahlbändern und vom Kontakt mit dem Nebengestein. Aendert sich die Struktur und das Aussehen von der Mitte nach den Seiten in auffälliger Weise, so hat man den Uebergang durch zahlreiche Stücke zu belegen. Bei deckenförmigen Eruptivgesteinen sammle man ebenfalls aus dem Innern und von der Ober- und Unterseite des Ergusses, besonders, wenn schon das blosse Auge Unterschiede dieser Theile wahrnimmt. Bei Tiefengesteinen vom Typus des Granits sammle man ausser dem Hauptgestein besondere petrographische Differenzirungen, wie sie in den Schlieren und in besonderen magmatischen Ausscheidungen sich finden. Ist das an das Eruptivgestein angrenzende Sediment kontaktmetamorphisch umgewandelt, so sind die unterscheidbaren Phasen des Metamorphismus durch Handstücke zu belegen. Bei geschichteten Gesteinen wird jeder Wechsel des Gesteinscharakters nach der Seite oder nach dem Hangenden oder Liegenden hin eine Aufforderung zur Entnahme einer Gesteinsprobe einschliessen.

Das Gewinnen von Handstücken wird da natürlich nicht in Frage kommen, wo es sich darum handelt, Belegstücke für Verwitterungs-, Struktur-, Absonderungserscheinungen, Eigenthümlichkeiten der Schichtung und der Schichtflächen und derartiges zu sammeln. Dann muss man diejenigen Stücke wählen, die die betreffende Erscheinung schön und deutlich zeigen, und braucht sich um das Format nicht zu kümmern.

Von grossem Interesse ist es, in Handstücken oder wenigstens in nicht allzu grossen Stücken Erscheinungen der dynamischen Geologie verkörpert zu sehen. Man kann die Erscheinungen der Faltung, Knickung, Zerreissung, Verwerfung, Ueberschiebung, Flexur, das Auskeilen und Aussetzen von Gängen, die besondere Ausbildung der Sahlbandgesteine und vieles Andere in so kleinem Massstab in der Natur beobachten, dass es möglich wird, eine Handstückssammlung derselben anzulegen.

Lose Gesteine, Erden, Verwitterungsgrus u. A. sammelt man in leinene Beutel oder in rechteckige Düten aus starkem Papier,

die mit einem in Wasser unauflöslichen Leim gekittet sind. Ein mit Oelstift auf Papier geschriebenes Etikett legt man der Probe bei und versieht ausserdem den Beutel oder die Düte auch äusserlich mit einer entsprechenden Bezeichnung.

Beim Verpacken des gesammelten Materials für den Transport wähle man starke Kisten und stelle die einzelnen Stücke, am besten doppelt in Zeitungspapier verpackt, aufrecht so neben einander in Reihen auf, dass sie gar keine Möglichkeit haben, sich zu bewegen. Wird die Reihe oder die Kiste nicht ganz voll, so stopfe man den verbleibenden Raum sorgfältig und fest mit Heu, Holzwolle, Papier oder etwas Aehnlichem, aber nicht mit Sägemehl, aus.

Kapitel 30.

Beobachtungen über allgemeinere Fragen im Anschlusse an die Kartenaufnahme.

Der Geologe erhöht sich selbst die Freude und das Interesse an seiner Arbeit und er leistet zugleich der Wissenschaft manchen schätzbaren Dienst, wenn er ausser seiner speziellen Arbeit und den durch dieselbe erforderten Beobachtungen sein Augenmerk einer Reihe von Erscheinungen zuwendet, die mit dem geologischen Bau und der Entwickelungsgeschichte des untersuchten Gebietes in engem Zusammenhange stehen. Ich kann an dieser Stelle nur in aller Kürze auf eine Reihe von Momenten hinweisen, die hier in Frage kommen würden, und muss im Uebrigen auf andere Werke, vornehmlich der geographischen Literatur verweisen, in denen diese Fragen mit grosser Ausführlichkeit behandelt sind. Vor allen Dingen nenne ich hier das klassische Werk von Richthofen: „Führer für Forschungsreisende“, in welchem in erschöpfender Weise alle hier nur kurz behandelten Gesichtspunkte besprochen sind.

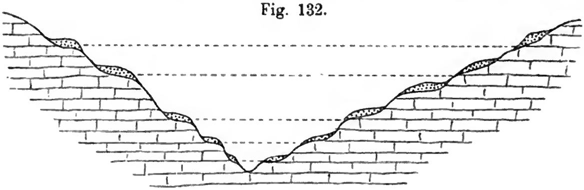
1. Quellen: Es ist bereits an mehreren Stellen im Vorhergehenden darauf hingewiesen worden, von welcher Bedeutung das Auftreten von Quellen für eine Reihe von geologischen Fragen und speziell für die Aufsuchung von Verwerfungen und geologischen Grenzen ist, und es ergiebt sich schon daraus, dass der Geologe in jedem einzelnen Falle sich die Frage vorzulegen hat, auf welche Weise das Zutagetreten einer Quelle aus dem geologischen Bau sich erklärt. Neben dem Interesse aber, welches das Auftreten von Quellen an sich darbietet, erfordern sie auch noch Beachtung

in Bezug auf mehrere mehr untergeordnete Punkte. Fast keine Quelle ist so arm an mineralischen Lösungen, dass sie in ihrer Zusammensetzung dem chemisch reinen Wasser nahe steht, die meisten enthalten Salze oder Säuren gelöst, welche Andeutungen über den Weg geben können, den die Quelle zurückgelegt hat. In sehr vielen Fällen wird es ohne Analyse oder nähere Untersuchung des Wassers mittelst chemischer Reagenzien nicht möglich sein, die Natur dieser Salze festzustellen. In anderen Fällen aber bieten entweder die Absätze der Quelle oder besondere Eigenthümlichkeiten ein leichtes Hülfsmittel zur Erkennung der in ihnen enthaltenen Lösungen. Quellen, die in kalkreichen Gebirgen ihren Ursprung nehmen, lagern häufig in der Umgebung ihres Austrittes Kalktuff ab, der, wenn auch nennenswerthe Mengen von Eisensalzen in Lösung mitgeführt werden, mehr oder weniger dunkel gefärbt ist, oder gar dünne Einlagerungen von Eisenocker enthält. In derselben Weise verrathen sich kieselsäurehaltige Quellen durch den Absatz von Kieselsinter, Kohlensäuerlinge machen sich kenntlich durch mehr oder weniger lebhafte Gasentwickelung und gelegentlichen Absatz von Eisenocker; Schwefelwasserstoff führende Quellen durch ihren Geruch und durch die einfache Probe mit einer blanken Silbermünze; kochsalzhaltige Quellen endlich lassen sich leicht am Geschmacke erkennen und verrathen sich in vielen Fällen durch den Charakter der in ihrer nächsten Umgebung wachsenden Pflanzen. Eine Zusammenstellung der letzteren ist im Kapitel 19 bereits gegeben. Auch die Temperatur der Quellen ist wohl zu berücksichtigen, da dieselbe namentlich im Gebiete ehemaliger oder heutiger vulkanischer Thätigkeit weit über der mittleren Jahrestemperatur liegt, die den gewöhnlichen Quellen eigen ist. Solche warme Quellen im weiteren Sinne verrathen sich äusserlich oftmals nicht, sind aber den Bewohnern der Umgegend gewöhnlich dadurch auffällig, dass das Wasser der Quelle bis zu einiger Entfernung von ihrem Austrittspunkte auch in strengen Wintern niemals zufriert, und durch die Ueppigkeit der Vegetation zu einer Zeit des Frühjahrs, in der dieselbe an allen anderen Punkten des Gebietes in ihrer Entwickelung noch weit zurück ist. Sicherheit gewährt natürlich sofort die Beobachtung der Temperatur mit einem einfachen Taschenthermometer in Messinghülse. Quellen, die im Sommer und Winter genau die gleiche Temperatur besitzen, kommen im Allgemeinen aus grösseren Tiefen als solche, deren Sommertemperatur diejenige während der kalten Jahreszeit übertrifft.

2. Thalbildung: Die Fragen, die sich der Geologe in Bezug auf die Entstehung der Thäler vorzulegen hat, stehen mit dem geologischen Bau der betreffenden Gegend in so engem Zusammenhange, dass in den meisten Fällen die Klarlegung der letzteren die Frage nach der Entstehung des Thales mitbeantwortet. Anders steht es mit dem Alter der Thäler. Die Beantwortung dieser Frage ist in vielen Fällen sehr schwierig oder ganz unmöglich. Das Thal kann zu einer Zeit entstanden sein, als über den heute an der Oberfläche liegenden Schichten noch mächtige weitere Schichtenkomplexe vorhanden waren, deren Beschaffenheit und Tektonik den ersten Anstoss zur Entstehung des Thales an seiner heutigen Stelle gegeben haben können. Diese Schichten aber können durch die abtragenden Kräfte der Oberfläche vollständig beseitigt sein und das in ihnen eingeschnittene Thal kann heute infolgedessen ohne jede Beziehung zu dem Bau der noch vorhandenen Gebirgsglieder verlaufen. Die Erkennung solcher von Richthofen als epigenetische bezeichneten Thäler ist natürlich nur dann möglich, wenn man mit der geologischen Geschichte einer Landschaft auf's genaueste vertraut geworden ist. Einfacher liegt die Sache bei den Thälern, deren Entstehung in die jüngsten Perioden unserer Erde fällt. Da die meisten Thäler ihren Boden immer tiefer zu legen bestrebt sind, so müssen sie in früheren Zeiten in höheren Niveaus geflossen sein als heute und dort ihre Sedimente abgelagert haben. In den weitaus meisten Fällen nun sind diese älteren Flussabsätze entweder in zusammenhängenden Flächen oder wenigstens in einzelnen der Abtragung entgangenen Theilen noch vorhanden und der Geologe vermag aus der petrographischen Beschaffenheit, der Fossilienführung und anderen für die Altersbestimmung geeigneten Momenten zu erkennen, in welcher Periode die am höchsten über dem heutigen Flusse gelegenen alten Absätze desselben entstanden sind, und er kann daraus seine Schlussfolgerung ziehen, um welchen Betrag der Fluss seit jener Zeit sein Bett vertieft hat und ob es wahrscheinlich ist, dass er in jener ältesten Zeit erst entstanden ist, oder ob sein Ursprung in Zeiten fällt, aus denen keine Sedimente von ihm bis auf unsere Zeit sich erhalten haben. Es kommt also bei der Untersuchung der Geschichte eines Thales auf eine genaue Feststellung der verschiedenen, das Thal begleitenden alten fluviatilen Sedimente an. Sie bilden zumeist ebene Thalböden, die oft in mehreren über einander folgenden Terrassen entwickelt sind. Manchmal aber hat

der Fluss solche Terrassen in das anstehende Gestein der Thalwände eingeschnitten, ohne dass es zu Sedimentbildung gekommen wäre, gewöhnlich aber ziehen sich auch in diesem Falle noch hie und da auf beiden Flussufern zerstreute kleine Flächen von Flusssand, Geröllen und groben Kiesen hin, wie dies in schematischer Weise in dem folgenden Querprofile eines derartigen Flussthales angedeutet

Fig. 132.

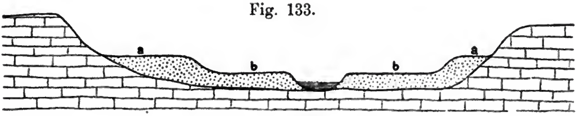


ist. Durch genaue Bestimmung der Höhenlage dieser einzelnen kleinen Ablagerungen auf beiden Seiten des Flusses vermag man die gleichzeitig entstandenen Sedimente auf beiden Thalgehängen mit einander zu parallelisiren und daraus die Phasen der Thalbildung zu erkennen.

Bekannt ist auch der Fall, dass in der Geschichte eines Thales Perioden der Erosion mit solchen der Aufschüttung wechseln. Besonders ist dies in Gebieten der Fall, die in der Nähe von während der Diluvialzeit vergletschert gewesenen Gegenden liegen. Hier wurden die Thäler durch die enormen von den Schmelzwassern des diluvialen Eises transportirten Schuttmassen bis zu grosser Höhe über ihren bereits durch Erosion erreichten Thalboden wieder ausgefüllt und auf diese Weise weite, das ganze Thal überziehende, neue Thalböden geschaffen. In der nächsten Erosionsperiode vertiefte der Fluss von neuem sein Bett, so dass die höchsten Terrassen das neuentstandene Thal auf beiden Seiten begleiten. Durch Wiederholung der Aufschüttung konnte eine zweite, eventuell eine dritte Terrasse entstehen. Durch solche Periodizität der Thalbildung entstanden Thalterrassen vom Charakter der im Folgenden Querschnitte (Fig. 133) dargestellten. Man kann die beiden Arten der Thalbildung, die in den Figuren 132 und 133 dargestellt sind, nach folgenden Gesichtspunkten unterscheiden: findet man an den Gehängen zwischen den fluviatilen Sedimenten horizontale Bänder anstehenden Gesteins, so weiss man, dass ein Thal vom ersteren Typus vorliegt. Besteht die Thalausfüllung aber ganz aus Sediment, so

können immer noch beide Fälle vorliegen und man kann dann eine Sicherheit nur gewinnen, wenn tiefere künstliche oder natürliche Aufschlüsse vorhanden sind. Anstehendes Gestein in letzteren ist auf seine Höhenlage im Verhältniss zu Terrassen und Thalboden zu prüfen und schon sein blosses Vorkommen wird in den meisten Fällen als Beweis für Terrassenerosion im Anstehenden gelten können.

Fig. 133.



Eine andere Frage, die der Geologe sich vorzulegen hat, betrifft die petrographische Beschaffenheit des Materials in den verschiedenen Terrassen. Ist dasselbe in allen Terrassen gleichmässig oder nicht? Ist es ungleichmässig, so ist zu prüfen, ob die Differenzen ursprüngliche oder sekundäre sind. Das letztere ist anzunehmen, wenn die jüngeren Terrassen Gerölle enthalten, deren Material leicht der Verwitterung unterworfen ist oder der chemischen Auflösung anheimfallen konnte, und wenn dasselbe in den älteren Terrassen fehlt. Man kann dann mit einiger Wahrscheinlichkeit darauf schliessen, dass in dem längeren Zeitraume, der seit der Entstehung der ersten verstrichen ist, Gerölle von solcher Beschaffenheit, wie beispielsweise Kalkstein, vollständig zerstört, in den jüngeren aber noch erhalten sind. Auf ursprüngliche Unterschiede in der Art der abgelagerten Gerölle dagegen darf man schliessen, wenn in den älteren Terrassen harte, widerstandsfähige Gesteine fehlen, die in jüngeren sich finden; dann muss man der Frage nach der Ursache dieser Verschiedenheit seine Aufmerksamkeit zuwenden. Diese Frage aber lässt sich nur beantworten, wenn man im Stande ist, aus der Natur der verschiedenen Gerölle mit Sicherheit das Gebiet zu erkennen, aus welchem dieselben herstammen. Durch diese Kenntniss wird man unter Umständen in den Stand gesetzt werden, festzustellen, dass das Anstehende des betreffenden Gesteines nicht mehr im heutigen Entwässerungsgebiet des betreffenden Flusses liegt, dass derselbe also im Laufe der Zeit seinen Lauf geändert, sein Entwässerungsgebiet verschoben haben muss. Auf die Bedeutung derartiger Studien für die Festlegung der alten Hydrographie eines Gebietes brauche ich an dieser Stelle nicht mehr hinzuweisen.

Eine andere das Wesen der Thäler betreffende Frage bezieht

sich auf die Ursachen der verschiedenen Querschnittsformen eines und desselben Flussthales an den verschiedenen Stellen seines Laufes. Auch für diese Frage, die vorwiegend aus dem geologischen Baue der einzelnen Abschnitte wird beantwortet werden können, sind bereits in früheren Kapiteln einige Hinweise gegeben worden; das Auftreten von plötzlichen Thalverengungen oder ebenso plötzlichen Erweiterungen, das Vorkommen von Stromschnellen und Wasserfällen, eventuell auch das Verschwinden eines Theiles der Wassermengen eines Flusses, wird für den Geologen immer eine dringende Aufforderung enthalten, den Ursachen dieser Erscheinungen auf den Grund zu gehen und die Lösung der sich daran anschliessenden Fragen zu versuchen.

3. Seen: Jede grössere Fläche stehenden Wassers, die nicht durch Menschenhand geschaffen ist (künstliche Fischteiche, Staubecken zu Berieselungszwecken), stellt den Geologen vor eine ganze Reihe von Fragen. Die zunächstliegende bezieht sich auf direkt beobachtbare Erscheinungen: Wie gross ist der See? Welches ist seine grösste Tiefe? Von welcher Art ist die Gestalt seines Untergrundes? Was für Sedimente werden auf seinem Grunde heute abgelagert? Die Methoden, die man bei der Beantwortung dieser Fragen in Anwendung zu bringen hat, sind im zweiten Theile dieses Werkes bei der Seeuntersuchung eingehend erörtert. Weniger leicht zu beantworten ist in vielen Fällen die Frage, wie das betreffende Seebecken entstanden ist. Ist es durch eine Nehrung vom offenen Meere abgeschnürt und allmählich ausgesüsst? Liegt der See im Thale eines Flusses und stellt einen durch Abdämmung entstandenen Theil des Flusslaufes dar? Sind Momente vorhanden, die darauf schliessen lassen, dass durch schwache tektonische Bewegungen ein Theil eines Flusses rückläufig geworden ist? Zur Beantwortung der letzteren Frage kann man durch Untersuchung der Höhenverhältnisse alter, ursprünglich in der Richtung des Flussthales geneigter Terrassen gelangen, wie beispielsweise am Züricher See, wo durch eine flache Aufwölbung im Alpenvorlande ein Theil des vom See erfüllten Thales gehoben und dasselbe rückläufig geworden ist. Hier sind auch die Terrassen an beiden Seiten des Sees verbogen. Leicht zu erkennen sind Einsturzbecken und Kraterseen. Grössere Schwierigkeiten bietet die Erkennung der Entstehung von Seen, die durch tektonische Ursachen bedingt ist. Hier ist ein genaues Studium der in einem Gebiete auf-

tretenden Störungen und Faltungen unerlässliche Voraussetzung zur richtigen Erkenntniss. Aeusserst zahlreich sind Seen in allen solchen Gebieten, die in der Diluvialzeit einer ausgedehnten Vergletscherung unterworfen gewesen sind. Aber auch hier kann die Ursache der Seenbildung sehr mannigfacher Art sein. Es sind zu unterscheiden: Ausräumungsbecken, die durch die direkte erodirende Thätigkeit des Gletschers (Exarationsseen Walthers) entstanden sind; fernerhin Seen, die durch Aufdämmung mittelst eines Endmoränenwalles in einem Thale geschaffen sind; sodann Seebecken (hierher gehört die ungeheure Mehrzahl der Seen und der aus ihnen hervorgegangenen Moore in der sogen. Grundmoränenlandschaft), die in ursprünglich uneben abgelagerte, undurchlässige Oberflächenbildungen eingesenkt sind; ferner Ausräumungsbecken, die der Thätigkeit subglazialer Eisschmelzwasser ihren Ursprung verdanken, und schliesslich Seen in alten Schmelzwasserläufen, deren Boden in einer späteren Phase der Gletscherthätigkeit wieder theilweise durch Sedimente ausgefüllt wurde.

4. Spuren ehemaliger Vergletscherung: In Gebieten weiter, ehemaliger Inlandeisbedeckung begegnet man den Grund- und Endmoränen auf Schritt und Tritt, ein Zeugniss für eine glaziale Entstehung der betreffenden Bildungen. Schwieriger wird die Frage in Bezug auf das ehemalige Vorhandensein von Eisströmen in den Mittelgebirgen, für welche sie vielfach noch heute eine offene ist. Hier sind auf das sorgfältigste alle Erscheinungen zu prüfen, die für oder wider eine ehemalige Gletscherbildung ins Feld geführt werden können. Dahin gehören in erster Linie abgeschliffene und mit in der Bewegungsrichtung des Gletschers verlaufenden Kritzen und Schrammen versehene, glatte Oberflächen, sowie das Auftreten der so äusserst bezeichnenden Rundhöcker. Ein weiteres Kennzeichen bildet das Auffinden von Grund- und Endmoränen. Hier ist neben der besonderen Struktur derartiger Bildungen vor allen Dingen auf das Auftreten von abgescheuerten, geglätteten, mit Schrammen und Kritzen versehenen Geschieben zu achten, und es ist auf das sorgfältigste zu prüfen, ob die Entstehung derartiger Bildungen nicht auch auf andere (pseudoglaziale) Weise erklärt werden kann. Die einzelnen Gesteine verhalten sich ausserordentlich verschieden in Bezug auf die Fähigkeit, die Zeugnisse der glazialen Entstehung anzunehmen und zu bewahren. Die vortrefflichste Umwandlung in gekritzte, sogen. Scheuersteine, zeigen

die Kalksteine; aber gerade sie sind durch ihre leichte chemische Zerstörbarkeit gewöhnlich nur in dem unteren, unverwitterten Theile der Moräne enthalten. Unter den Silikatgesteinen zeigen diejenigen, die eine dichte Struktur und bedeutende Härte besitzen, die Erscheinungen der glazialen Bearbeitung gewöhnlich am deutlichsten. Viel weniger gut eignen sich dazu grobe, kristallinische Gesteine vom Typus der Granite und Gneisse, und in den Gebirgen, die vorzugsweise aus solchen Gesteinen bestehen, wie beispielsweise im Riesengebirge, wird die Nachweisung des wirklich glazialen Ursprunges moränenartiger Bildungen aus diesem Grunde immer mit grossen Schwierigkeiten verknüpft sein.

Ein anderes wichtiges Kriterium für ehemalige Vergletscherung eines Gebietes liefert die Auffindung von Stauchungen, Zusammenfaltungen und Verschleppungen loser, meist tertiärer Schichten innerhalb der vom Gletscher gelieferten Sedimente. Dies Anzeichen ist um so beweiskräftiger, wenn sich der Nachweis erbringen lässt, dass dieselben Schichten in etwas grösserer Tiefe sich in ungestörter Lagerung befinden.

Noch eine ganze Reihe von anderen Fragen bieten sich der Beantwortung in den Verbreitungsgebieten alter Gletscher oder Inlandeismassen; dahin gehören solche nach der äussersten Ausdehnung der Vergletscherung, nach der Richtung, in welcher die einzelnen Theile der Eismassen sich bewegt haben, nach den durch Endmoränen oder ähnliche Bildungen gekennzeichneten Rückzugsetappen derselben, nach der Natur der von den Eisschmelzwassern abgelagerten sogen. fluvio-glazialen Sedimente, nach der Bildung von kurzlebigen, durch das Eis aufgedämmten Stauseen, die sich durch Terrassen zu erkennen geben, welche nach einer Seite an noch heute vorhandene Ufer sich anlegen, nach der anderen Seite hin aber gewissermassen in der Luft schweben, und schliesslich die zahlreichen Fragen, welche an eine zwei- oder mehrmalige Ueberziehung des in Betracht kommenden Gebietes durch Gletscher anknüpfen. Es ist unmöglich, an dieser Stelle auf alle diese wichtigen Fragen näher einzugehen und es muss in Bezug auf dieselben auf die Spezialliteratur über die einzelnen Gebiete verwiesen werden, deren Studium in fast allen Fällen das Vorhandensein zahlreicher, noch der Lösung harrender Räthsel erweisen wird.

5. Beobachtungen an Küsten: Dem Geologen, dessen Thätigkeitsgebiet in der Nähe einer Seeküste liegt, drängen sich

gleichfalls ohne Weiteres eine ganze Reihe von Fragen auf, deren Beantwortung das geologische Kartenbild nicht weiter direkt beeinflusst, aber zum inneren Verständniss vieler Erscheinungen unbedingt erforderlich ist. Ist die Küste in Hebung oder in Senkung begriffen oder befindet sie sich seit geraumer Zeit im vollkommenen Gleichgewichte? Finden sich landeinwärts jugendliche marine Bildungen, die für einen Rückzug des Meeres sprechen würden? Lässt sich der Nachweis erbringen, dass heute etwa vorhandene Lagunen und Haffe oder Küstenmoore früher Theile des Meeres darstellten, durch Abschnürung von demselben getrennt und allmählich ausgesüsst wurden? Von welcher Form ist die Küstenlinie und aus welchem Umstande erklärt sich diese Form? In welchen Beziehungen steht die Gestalt der Küste zum geologischen Bau des angrenzenden Festlandes? Welche Umstände erklären den gradlinigen Verlauf einer Küste bei verschiedenartiger geologischer Zusammensetzung des Festlandes, und die Gestalt einer gebuchteten Küste bei gleicher geologischer Beschaffenheit der Ufer? Auf welche Umstände ist die Entstehung natürlicher Häfen zurückzuführen? Von welcher Art sind die Strömungen entlang der Küste? Verlaufen sie immer in derselben Richtung oder finden Umänderungen statt? Welche Einflüsse spielen dabei die vorherrschende Rolle? In welcher Weise wirken die Brandungswellen und die Gezeiten? Was geschieht mit den durch diese Faktoren zerstörten Küstengesteinen? In welcher Weise werden sie vom Meere wieder aufgearbeitet? Wo werden die einzelnen Theilprodukte wieder abgelagert? Sind der Küste Sand- oder Steinriffe vorgelagert? Besitzen dieselben eine gewisse Stabilität oder ändern sie häufig ihre Lage? Welchen Einfluss haben die von einmündenden Strömen im Meere abgelagerten Sedimente auf das Relief des Meeresgrundes? Bilden sie ein gleichmässiges, untermeerisches Delta, oder ist dasselbe einseitig verschoben? Wie ist die Meeresfauna zunächst der Küste beschaffen? Von welcher Art sind die Erhaltungsbedingungen für dieselbe in den neugebildeten untermeerischen und Strandsedimenten? Wie ist die Beschaffenheit des Strandes? Ist das Material der Strandzone immer das gleiche oder wechselt es? Wie entstehen die Dünen? Welches sind die Ursachen für das Fehlen der Dünen an Küsten, die im Uebrigen für ihre Entstehung geeignet zu sein scheinen? Verlaufen die Dünen dem Strande parallel oder bewegen sie sich landeinwärts? In welcher Beziehung steht letztere Bewegungsrichtung zu derjenigen der herrschenden Winde? Sind

Wanderdünen vorhanden? Welches ist ihre Masse und wie schnell bewegen sie sich? Lassen sich Beziehungen zwischen ihrer Grösse und ihrer Bewegungsgeschwindigkeit feststellen?

6. Der Geologe ist bei seinen Arbeiten im Felde häufig in der Lage, der nahe verwandten Wissenschaft der Anthropologie wichtige Dienste zu leisten, da ihm bei seiner sorgfältigen Durchforschung eines Gebietes bisweilen zahlreiche Spuren des prähistorischen Menschen begegnen. Es wäre in hohem Masse zu wünschen, dass jeder Geologe auf solche Erscheinungen sorgfältig achtete und das Auftreten von Zeugnissen aus einer grauen Vorzeit durch ein kurzes Zeichen auf seiner Karte markirte, auch gegebenen Falles der zuständigen Stelle, dem betreffenden Provinzialmuseum oder bestimmten Spezialforschern zur näheren Untersuchung übermittelte. Dahin gehören Hünengräber, einfache Hügelgräber, Steingräber, Kistengräber, Steinsetzungen (Dolmen), alte Burgwälle, prähistorische Siedelungsstätten, die sich durch das Vorkommen von Herdsteinen, Holzkohlen, Scherben von Gebrauchsgeräthen und Gegenständen aus Feuerstein oder anderem Stein, Bronze oder Eisen, ferner Spuren alter Industrie, die sich durch eisenreiche Schlacken, Reste von Töpfereiöfen oder massenhafte geschlagene Feuersteinstücke als Abfallprodukte der Fabrikation von Feuersteingeräthen verrathen. Am Schlusse dieses Werkes ist eine kurze Anleitung für die Behandlung und vorläufige Konservirung leicht zerstörbarer derartiger Funde gegeben.

7. Der Geologe kann sich das eigene Interesse an der Arbeit sehr erhöhen, wenn er eine Reihe von Gesichtspunkten mit in den Kreis seiner Beobachtungen hineinzieht, die sich auf die Wechselbeziehung zwischen dem geologischen Bau einer Gegend und verschiedenen anthropogeographischen Verhältnissen beziehen. Dahin gehören Fragen, wie diejenige nach den verschiedenen Arten der Bewirthschaftung des Bodens: die Vertheilung von grossen, geschlossenen Wald- und Ackerbaugebieten wird im Allgemeinen leicht ihre Erklärung finden in dem verschiedenen Boden der einzelnen Gesteine; indessen kommen zahlreiche Ausnahmen vor, deren Prüfung im Einzelnen bisweilen zu ganz interessanten Ergebnissen führen kann, die in vielen Fällen allerdings auch nur durch unrationelle Bewirthschaftungsweise ihre Erklärung finden. Wenn man beispielsweise in einem Gebiete, welches einen vorzüglichen Ackerboden liefern

würde, ausgedehnten Wald findet, so wird man bei näherer Prüfung bisweilen finden, dass das betreffende Terrain aus der todten Hand in den Besitz des Staates zu einer Zeit gelangt ist, als die betreffende Gegend dünn besiedelt, und für eine Ausnutzung zu Ackerbauzwecken ungenügendes Menschenmaterial vorhanden war. Das Gebiet wurde in diesem Falle für die mit weit geringeren menschlichen Arbeitskräften verbundene Waldkultur verwendet und befindet sich in Folge eines natürlichen Beharrungsvermögens noch heute in diesem wirthschaftlich unrationellen Zustande. Andererseits wird man oft ausgedehnten Landwirthschaftsbetrieb in Gebieten finden, deren schlechter Boden weit eher für Aufforstung geeignet wäre, und wird in diesem Falle bisweilen die Erfahrung machen, dass es sich hier um in historischer Zeit erfolgte Ansiedelung von in grösseren Mengen ausgewanderten Angehörigen anderer Volksstämme handelt.

Eine andere hierher gehörige Frage bezieht sich auf die Ursache der verschiedenen Dichte der Bevölkerung in geologisch gleichwerthigen und nicht weit von einander entfernten Gebieten. Sehr interessant ist auch das bisweilen zu beobachtende Zusammenfallen geologischer Grenzen mit religiösen und Völkergrenzen; so bildet beispielsweise im Gebiete des Baltischen Höhenrückens auf einer grossen Strecke die Endmoräne die Grenzscheide zwischen dem Gebiete des ehemaligen Königreichs Polen und dem alten preussischen Staate, und noch heute findet man hier, wo jetzt die Grenze zwischen den Provinzen Posen und West-Preussen verläuft, auf der einen Seite eine katholische und vorwiegend polnische, auf der anderen eine protestantische und deutsche Bevölkerung. In der Gegend von Lichtenfels in Bayern verläuft die Landesgrenze auf einer grossen Strecke auf dem Gebiete der grossen Randverwerfung des Frankenwaldes gegen das vorliegende mesozoische Gebirgsland. Hier liegt die Ursache darin, dass auf der einen Seite ein flachhügeliges, für Ackerbau vorzüglich geeignetes Gebiet sich findet, auf der anderen Seite das aus ziemlich sterilen, noch heute mit ausgedehnten Wäldern bedeckten paläozoischen Schichten gebildete Gebirge des Frankenwaldes angrenzt, wodurch bereits in sehr früher Zeit eine Völkerscheide sich entwickelte, die in ihren politischen Folgen noch heute auf einer grossen Strecke im Verlaufe der Grenze sich ausspricht.

Noch andere Gesichtspunkte wie die Abhängigkeit zusammengehöriger faunistischer und floristischer Gebiete vom geologischen

Untergrunde, oder das Vorherrschen gewisser Kulturpflanzen (Hopfen, Reben, Zuckerrüben, Obstbaumzucht) auf bestimmtem Boden, können hier nur noch ganz kurz zum Schlusse angedeutet werden.

B. Untersuchungsmethoden, das Wasser betreffend.

I. Offene Wasserflächen.

Kapitel 31.

Die Ermittelung der Wassertiefe.

1. Die Messungsapparate. Der einfachste Messungsapparat bei nicht bedeutenden Wassertiefen ist ein eingetheilter Messstab, die Peilstange. Bei ihrer Anfertigung ist darauf zu achten, dass die Eintheilung so einfach und klar ist, dass die ermittelte Tiefe von allen Seiten ohne Weiteres leicht und sicher erkannt werden kann. Da aus verschiedenen Gründen eine sehr grosse Genauigkeit bei Tiefenmessungen weder zu erzielen noch durchaus nothwendig ist, so genügt im Allgemeinen eine Eintheilung der Peilstange in Dezimeter, wobei man sie abwechselnd schwarz und weiss anstreicht und jeden vollen Meter durch einen rothen Ring markirt; die Beischreibung von Zahlen ist natürlich nur bei diesen erforderlich. Am besten sind runde Stangen, deren Länge sich nach den allgemeinen Verhältnissen, d. h. nach der Tiefe der zu messenden Gewässer zu richten hat. Man kommt bei Flüssen im Allgemeinen mit Peilstangen von 3 m Länge bereits aus. Will man grössere Tiefen in derselben Weise messen, so ist es zweckmässig, das untere Ende der Peilstange in einer Länge von $^1/_4$—$^1/_2$ m massiv aus Eisen anzufertigen, damit dasselbe durch sein Gewicht die senkrechte Stellung im Wasser befördert. Man hat auf diese Weise Tiefen von 13 und selbst von 15 m im Rheine noch mit der Peilstange messen können. Da man es häufig mit weichem Boden im Flussbette zu thun hat, so würde eine einfache zugespitzte Stange in denselben tief einsinken und dadurch das Ergebniss der Messung sehr ungünstig beeinflussen. Man verhindert dies, indem man das untere Ende der Peilstange mit einer horizontalen Scheibe aus Eisenblech versieht, welche durch den grösseren Widerstand

sofort das Erreichen des Grundes beim Messen anzeigt. Da eine hölzerne Stange auf härterem Untergrunde leicht abgenutzt und dadurch unbrauchbar wird, so thut man gut, die beiden Enden mit Eisenblech beschlagen zu lassen.

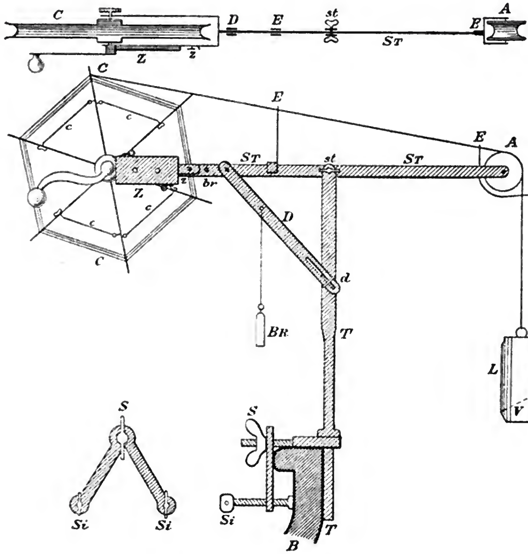
Bei grösseren Wassertiefen, vor Allem in stehenden Gewässern, wird man sich des Lothes zur Tiefenermittlung bedienen müssen. Man versteht darunter einen schweren Körper, der an einer Leine senkrecht in die Tiefe hinabgelassen wird und durch das Lockerwerden der Leine anzeigt, dass er den Grund erreicht hat. Die Länge des Leinestückes bis zum Wasserspiegel zeigt dann die an dem betreffenden Punkte vorhandene Wassertiefe an. Man wählt als Lothkörper zweckentsprechend ein cylindrisches Gefäss aus Eisenblech, welches mit Blei soweit belastet wird, dass auch bei den grössten etwa in Betracht kommenden Tiefen noch ein schnelles Sinken des Lothes gewährleistet wird. Bei Seen und Flüssen, deren Tiefe 50—80 m nicht übersteigt, genügt ein Loth im Gewicht von 2,5 kg vollkommen. Mittelst eines solid und dauerhaft gearbeiteten Hakens wird das Loth mit der Lothleine in Verbindung gesetzt; dieselbe kann entweder aus einem pflanzlichen Faserstoffe oder aus Stahldraht bestehen. Der letztere (Klaviersaite) wird wegen seines viel geringeren Volumens bei grösseren Tiefen immer vorgezogen werden. Bei geringeren Tiefen dagegen benutzt man am besten starke Hanfschnuren, die durch verschiedenfarbige, eingebundene Fäden oder Zeugstückchen nach Metern eingetheilt sind. Da nasser Bindfaden eine andere Länge besitzt als trockener, so muss die Eintheilung natürlich am nassen erfolgen. Man thut gut, nach je 5 m einen Faden einzubinden, der eine andere Farbe besitzt als die Fäden, welche den Meterabstand angeben, und durch eine dritte Farbe je den zehnten Meter zu bezeichnen. Ebenso zweckmässig ist es, von 10 zu 10 m mit der Farbe zu wechseln, indem man z. B. von 1—10 m weisse, von 10—20 rothe, von 20—30 blaue Fäden in die Lothleine einknüpft, so dass man beim Herausziehen der Leine immer nur bis zum Beginn der nächstfolgenden Farbe zu zählen braucht, und blau 3 also beispielsweise eine Tiefe von 23 m angiebt. Für Messungen von grösserer Tiefe dagegen wird die Längenmessung automatisch durch ein mit dem Messapparat verbundenes Zählwerk ausgeführt. Will man sich von der verschiedenen Ausdehnung des Bindfadens im Wasser unabhängig machen, so kann man die Lothleine vorher wasserdicht imprägniren, indem man

sie vor dem Gebrauche sich mit Leinöl vollsaugen lässt und alsdann mit in Wachs getränkten Lappen abreibt.

Bei stehenden Gewässern und im Falle ruhiger Lage des Bootes, von dem aus die Lothung ausgeführt wird, kann man sich mit Vortheil eines kleinen Apparats bedienen, den Ule in folgender Weise beschreibt [1]).

Der Apparat besteht, wie die Figur 134 zeigt, aus einem an den Bord (*B*) des Fahrzeugs anschraubbaren Träger (*T*), auf

Fig. 134.



welchem eine horizontale Stange (*ST*) aufgelegt ist. Um die Stange in ihrer Lage möglichst sicher zu fixiren, sind die Streben (*D*) angebracht, welche durch Klemmschrauben (*d*) an den Träger (*T*) befestigt werden. Die langen Ausschnitte am unteren Ende der Streben gestatten eine beliebige Verstellung der Stange, so dass

[1]) Petermann's Mittheilungen 1894, S. 213.

diese bei schräger Stellung des Trägers doch in horizontale Lage gebracht werden kann. Stange und Träger werden ebenfalls durch Klemmschrauben (*st*) zusammengehalten.

Die Befestigung des Trägers am Bord des Fahrzeuges erfolgt durch Schrauben (*S* und *Si*) in der Weise, dass zunächst durch Anziehen der oberen Schraube (*S*) der Bord fest zwischen dem unteren Ende des Trägers und dem die unteren Schrauben (*Si*) tragenden Winkeleisen eingeklemmt wird und hierauf dann auch diese Schrauben (*Si*) gegen die Wandung des Bootes angeschraubt werden.

Die horizontale Stange (*St*) geht nach beiden Enden in eine Gabel über; von diesen Gabeln nimmt die eine die Gleitrolle (*A*), die andere die Seilrolle (*C*) auf. Als Seil dient die von Richter eingeführte Drahtlitze (Litze aus bestem verzinnten und gerichteten Patent-Gussstahldraht, 0,3 mm^{i}, dreidrähtig) [1]). Die Seilrolle (*C*) ist so konstruirt, dass sie zusammengelegt werden kann. Die vier zwischen den Speichen befindlichen Gestänge (*c*) werden nach Abwickelung der Litze auf eine zweite, besondere Rolle losgelöst, und dann lassen sich die Speichen, die durch Charniere an der Achse der Seilrolle befestigt sind, umlegen. Durch diese Vorrichtung wird es möglich, die immerhin umfangreiche Seilrolle einem verhältnissmässig schmalen Kasten einzufügen. Der Umfang der Seilrolle erreicht nämlich nahezu einen Meter; derselbe ist so bemessen, dass die zur Hälfte aufgerollte Litze ihn genau auf 1 m erweitert. Bei ganz aufgerollter Litze beträgt der Umfang wenig mehr als 1 m. Durch eine solche Konstruktion war die Anbringung eines Zählwerkes (*Z*) ermöglicht. Die Bestimmung der Tiefe durch Zählen der zur Abwickelung der Leine nothwendigen Umdrehungen der Seilrolle halte ich für weit zweckmässiger, als die allgemein übliche Bestimmung durch Abzählen von an der Leine angebrachten Eintheilungsmarken. Letztere Bestimmung erfordert eine sorgfältige Berücksichtigung der durch die Belastung der Leine bewirkten Dehnung derselben, was bei dem Zählen der Umdrehungen ganz in Wegfall kommt, weil ja bei jeder Messung die Länge der Leine von neuem gemessen wird. Das Zählwerk kann übrigens mittelst einer sehr einfachen Vorrichtung (*z*) beliebig ein- und ausgeschaltet werden.

Vor dem Gebrauch des Apparats befindet sich die Drahtlitze

---

[1]) Diese Litze liefert die Fabrik von Felten & Guilleaum in Mühlheim a. Rh. zu 8 M. pro 100 m.

auf einer zweiten, oben bereits erwähnten Rolle. Diese hat eine eigene Kurbel, um das Abnehmen und Aufwickeln der Litze auf die Seilrolle zu erleichtern. Bei dem Aufwickeln wird die Litze durch die an die horizontale Stange (*St*) angefügten Oesen (*E*) hindurchgeleitet. Letztere erfüllen zugleich den Zweck, der Leine während des Lothens eine bestimmte Lage zu geben. Verwickelungen und Knickungen der Litze, welche bei zu schnellem Abrollen derselben leicht eintreten könnten, werden dadurch verhindert. Trotzdem ist besonders bei dem Ueberleiten der Litze von der Seilrolle des Apparats auf die zweite Rolle oder umgekehrt immer noch mit grosser Vorsicht zu verfahren, da die aus drei Drähten zusammengedrehte Litze sehr leicht zur Bildung von Schlingen und Knicken führt. Zum Festhalten der Seilrolle während der Messung dient eine gabelförmige Bremse (*Br*), welche (bei *br*) um die Enden der Speichen herumgreift.

Der ganze Apparat ist mit Ausnahme der Gleitrolle (*A*) und des Zählwerkes (*Z*) aus Eisen konstruirt. Die Gleitrolle besteht aus Holz, das Zählwerk aus Messing. Die Zweckmässigkeit des Apparats liegt nun vor allem darin, dass derselbe vollständig zusammenlegbar ist. Auch die zur Befestigung am Bord dienenden Schrauben (*S* und *Si*) können abgenommen werden. Zusammengelegt findet der Apparat Platz in einem 80 cm langen, 15 cm hohen und 12 cm breiten Kasten. In diesem Kasten ist aber noch genügend Raum vorhanden zur Aufnahme einer Reihe anderer Instrumente, welche zur Seeforschung erforderlich sind. Das Gewicht des Apparats beträgt mit Leine und Loth 5 kg [1]).

2. Die Ausführung der Lothung. a) In fliessenden Gewässern: Da es sich in der Hauptsache darum handeln wird, durch eine Reihe von Messungen ein Querprofil des Flusses zu erhalten, so führt man die Lothung auf einer, die beiden Ufer rechtwinkelig verbindenden Linie aus und wählt den Zwischenraum zwischen den einzelnen Lothungspunkten je nach der zu erwartenden Form und dem geforderten Masse von Genauigkeit. Man kann dieses Ziel natürlich am leichtesten erreichen, wenn man die Lothung in einer Zeit ausführt, in der der Fluss mit einer tragenden, nicht zu starken Eisdecke versehen ist, da man

[1]) Die Herstellung des Apparates übernimmt der Mechaniker Wesselhöft, Halle a. S., Jägerplatz 10.

dann durch direkte Messungen die Lage jedes einzelnen Punktes feststellen kann. Wenn Zeit und Gelegenheit dies nicht gestatten, so verfährt man in der Weise, dass man von einem Ufer zum andern eine durch eingeknüpfte Lappen eingetheilte Leine zieht und vom Boote aus an jedem der Theilpunkte die Lothung mit der Peilstange ausführt. Die für breite Ströme erforderlichen Massnahmen (das Auflegen der Leine auf in regelmässigen Zwischenräumen verankerte Boote oder das Einvisiren der Lothungspunkte vom Ufer aus) übergehe ich hier, weil diese Arbeiten dem Geologen kaum vorkommen werden. Die Lothung soll den Abstand der Wasseroberfläche von dem lothrecht unter ihr befindlichen Punkte des Grundes angeben. Es ist deshalb erforderlich, dass die Peilstange senkrecht steht und nicht durch die Strömung abgetrieben wird. Bei sehr reissenden Gewässern thut man deshalb gut, die Spitze der Stange schräg in der Richtung gegen die Strömung vorzustossen, so dass, wenn die Spitze den Grund erreicht, sie durch die Strömung senkrecht unter dem Punkt sich befindet, auf dem die Stange eingetaucht ist. Ist die Wassertiefe grösser als die Peilstange lang ist, so muss man sich des Lothes bedienen. Um auch in diesem Falle die Tiefe richtig zu erhalten, wirft man es nach Massgabe der grösseren oder geringeren Tiefe so weit vor dem Boote voraus, dass es gerade den Grund berührt, wenn man sich über der betreffenden Stelle befindet. Die Erfahrung lehrt bald, bis in welche Entfernung man dabei das Loth auszuwerfen hat, um gute Resultate zu erzielen.

b) In stehenden Gewässern: Auch hier gilt das unter a) bezüglich der Eisdecke Gesagte in vollem Umfange. Muss aber vom Boote aus gelothet werden, so sind eine ganze Anzahl von Vorsichtsmassregeln zu beobachten. Am genauesten lässt sich die Lothung ausführen, wenn vollständige Windstille herrscht und das Boot genau auf derselben Stelle verharrt, an welcher das Loth ausgeworfen ist. Selbst verhältnissmässig unbedeutende Winde sind im Stande, die Resultate der Lothung durch Abtreiben des Nachens ungünstig zu beeinflussen, vor Allem deshalb, weil es unmöglich wird, mit Sicherheit die gerade Linie einzuhalten. Bei der Auslothung von Seen legt man sich zunächst eine Reihe von Linien fest, welche solche Punkte verbinden, die der eine vom anderen aus sichtbar sind. Um nun die Lothungen in gleichen Zwischenräumen ausführen zu können, bedarf man eines gewandten Ruderers, den man unter der Fischerbevölkerung wohl immer finden wird.

Die kartographische Feststellung der einzelnen Lothungspunkte erzielt man dadurch, dass man von einem Ufer aus das Boot in der Richtung nach dem Fixpunkte des anderen Ufers eine bestimmte Anzahl Ruderschläge weit fortrudern und dann plötzlich anhalten lässt und das Loth auswirft. Mit der Zahl der so erhaltenen Lothungen dividirt man die Länge des Profils und erhält so den Abstand der einzelnen Lothungen von einander. Man muss aber die einmal gewählte Zahl von Ruderschlägen dann auch für das ganze Profil beibehalten, da selbstverständlich die mit 24 Ruderschlägen zurückgelegte Strecke mehr als doppelt so gross ist, als die nach 12 Ruderschlägen. Um Irrthümer zu vermeiden, thut man gut, durch den rudernden Mann die Zahl der von ihm gethanen Schläge laut zählen zu lassen. Ich habe mich dieser Methode bei meinen Auslothungen pommerscher Seen stets bedient, während Ule vorschlägt, anstatt einer bestimmten Zahl von Ruderschlägen eine bestimmte, mit der Sekundenuhr in der Hand zu kontrollirende Ruderzeit einzusetzen. Hat man einen geübten Ruderer, so wird das Ergebniss wohl in beiden Fällen das gleiche sein. Um sich zu überzeugen, ob man sich noch in der verbindenden Linie zwischen den beiden, dem Profil zu Grunde liegenden Fixpunkten bewegt, bedient man sich eines doppelten Winkelsextanten, mit dessen Hülfe es auch möglich sein wird, etwaige kleine Fehler zu korrigiren. Ist man durch Zeitmangel gezwungen, bei etwas windigem Wetter zu lothen, so muss man von vornherein auf grosse Genauigkeit verzichten und deshalb die einzelnen Lothungspunkte nicht zu nah an einander legen, und es ist ausserdem erforderlich, zwei Ruderer im Boote zu haben, damit es ihren vereinten Bemühungen leichter wird, den Kahn so zu steuern, dass die Lothleine senkrecht steht.

Ich verfuhr bei meinen Lothungen in der Weise, dass ich zunächst auf der Karte eine Reihe von Verbindungslinien zwischen in der Natur leicht erkennbaren Punkten am Ufer eintrug und fortlaufend nummerirte und sodann während der einzelnen Lothungsfahrten selbst unter den betreffenden Profilnummern in Form einer fortlaufenden Zahlenreihe die Ergebnisse der einzelnen Lothungen notirte.

Wie weit die einzelnen Lothlinien und auf diesen die Lothungspunkte von einander entfernt sein müssen, hängt völlig von der Grösse des Sees, von seiner Tiefe, der einfacheren oder komplizirteren Gestaltung seines Untergrundes, der mit der Auslothung verbundenen

Absicht und der zur Verfügung stehenden Zeit ab; es lassen sich daher allgemeine Gesichtspunkte dafür nicht aufstellen.

Mit Hülfe der Lothungen ist man im Stande, eine mehr oder weniger genaue Karte vom Untergrunde des ausgelotheten Gewässers herzustellen, indem man durch in bestimmten Abständen auf einander folgende Tiefenlinien Flächen gleicher Mindesttiefe in derselben Weise umschliesst, wie dies bei Darstellungen der Landoberfläche mit Hülfe der Höhenlinien geschieht. In den folgenden beiden Abbildungen sind in Fig. 135 die Lothungslinien und die auf denselben ermittelten einzelnen Tiefen in Metern angegeben, während

Fig. 135.

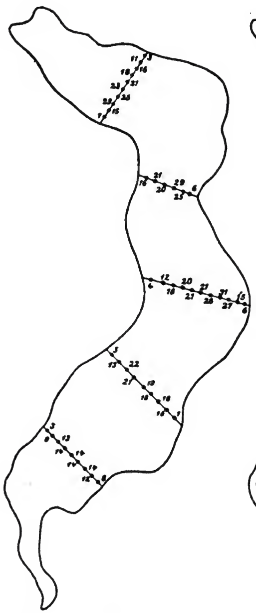
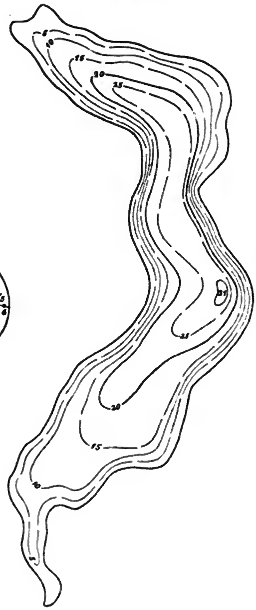


Fig. 136.



in Fig. 136 diese Werthe zu einer Isobathenkarte des betreffenden Sees mit Tiefenlinien von 5 zu 5 m verarbeitet sind. Bei der Darstellung des Untergrundes von Flüssen verfährt man in ganz derselben Weise.

Kapitel 32.

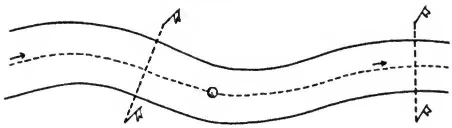
Die Ermittelung der Strömungsgeschwindigkeit.

Für die Messungen von Geschwindigkeiten fliessender Gewässer giebt es eine grosse Reihe von Methoden, von denen ich die komplizirteren, die wohl nur der Wasserbauingenieur anzuwenden in die Lage kommt, hier übergehe. Die einfacheren Instrumente, die ich besprechen will, zerfallen in zwei Gruppen, von denen diejenige der frei schwimmenden Körper die Geschwindigkeit des Wassers unmittelbar angiebt, während die andere sie misst an dem Widerstande, den ein feststehender Körper der Strömung entgegensetzt.

a) Messung der Oberflächengeschwindigkeit mittelst Schwimmkörpers: Jeder im Strome frei schwimmende Gegenstand nimmt mehr oder weniger genau die Geschwindigkeit des Wassers an, in welchem er treibt. Doch ist dabei zu bedenken, dass grosse Körper erstens an sich schon eine grössere Geschwindigkeit annehmen, als das sie tragende Wasser besitzt, und dass dieselben zweitens in Folge ihrer Grösse durch den Wind je nach der Richtung desselben eine Beschleunigung oder Verlangsamung erfahren können. Es ist deshalb beispielsweise unzulässig, aus der Geschwindigkeit stromabtreibender Schiffe die Strömungsgeschwindigkeit zu ermitteln. Man nimmt zur Messung der Wassergeschwindigkeit am besten solche Körper, die möglichst tief in das Wasser ein- und nur wenig daraus hervortauchen, und wählt am zweckmässigsten die Kugelform, weil diese bei jeder Lage dem Wasser die gleiche Angriffsfläche bietet. Man lässt sich einen derartigen Schwimmer aus hohlem Eisenblech anfertigen und versieht denselben an einer Stelle mit einer verschliessbaren Oeffnung, durch welche die Kugel so weit mit Schrot gefüllt wird, dass sie nur etwa mit dem zehnten Theile ihres Durchmessers aus dem Wasser herausragt. Damit dieser herausragende Theil immer deutlich sichtbar sei, thut man gut, die Kugel, deren Durchmesser 2—3 dcm betragen mag, mit Mennigeroth anzustreichen. Um mit Hülfe dieser Schwimmkugel die Strömungsgeschwindigkeit zu messen, steckt man auf einer geraden Stromstrecke in dem Abstand von 50—100 m zwei Querschnitte über den Fluss ab, wirft einige Meter oberhalb des ersten Querschnitts die Kugel in die Strömung und beobachtet an

der Sekundenuhr den Moment, in welchem dieselbe das erste Profil schneidet. Man eilt nun an das zweite Profil und passt hier wiederum genau den Moment ab, in welchem die Kugel durch die

Fig. 137.



Verbindungslinie geht (Fig. 137). Noch sicherer ist es natürlich, wenn diese Beobachtungen von zwei Personen mit genau übereinstimmender Sekundenuhr ausgeführt werden.

In jedem fliessenden Gewässer giebt es eine Linie, in welcher das Wasser mit der grössten Geschwindigkeit sich vorwärts bewegt; diese Linie nennt man den Stromstrich. Alle in das Wasser gelangten schwimmenden Gegenstände treiben nach dieser Linie hin und schwimmen dann in derselben weiter. Kommt es also darauf an, was bei der Berechnung von Wassermengen in fliessenden Gewässern nöthig ist, die Geschwindigkeiten in den einzelnen Theilen eines Querschnitts zu messen, so muss man bei der Anwendung von Schwimmkörpern die Strecke so kurz wählen, dass der Schwimmkörper während des Zurücklegens derselben nicht sehr bemerklich dem Stromstriche sich nähern kann.

b) Messungen der Untergrundsgeschwindigkeiten: 1. mit der Schwimmkugel: Man kann die oben beschriebene Schwimmkugel auch dazu benutzen, die Geschwindigkeit der Strömung in einer gewissen Tiefe unter der Oberfläche zu messen. Zu diesem Zwecke beschwert man die erste Kugel so stark, dass sie nicht nur vollständig in das Wasser eintaucht, sondern auch eine zweite wesentlich kleinere Kugel, mit der sie durch einen Faden verbunden ist (Fig. 138), ebenfalls fast ganz in das Wasser mit hinabzieht. Den Faden wählt man so lang, dass die untere Kugel gerade in derjenigen Tiefe schwimmt, deren Strömungsgeschwindigkeit man ermitteln will. Dabei dient die obere Kugel für die Beobachtung in der angegebenen Weise. Der Fehler, der durch die Beeinflussung der Bewegung der unteren Kugel durch diejenige in der Oberflächenschicht entsteht,

ist nicht so bedeutend, dass diese Methode nicht ganz gute Annäherungswerthe ergäbe.

2. Messung mittelst des Schwimmstabes: Derselbe dient dazu, die mittlere Geschwindigkeit einer Tiefenschicht von bestimmtem Durchmesser direkt anzugeben. Dieser in Figur 139 dargestellte Schwimmstab besteht aus einem in Dezimeter eingetheilten und mit einem gut schliessenden Deckel versehenen hohlen Blechstabe.

Fig. 138.

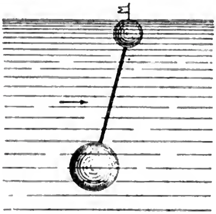
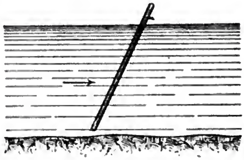


Fig. 139.



Man belastet ihn durch eingelegte Bleistücke so stark, dass er bis nahe an das Strombett herabreicht, ohne dasselbe während der Messung an einer Stelle zu berühren, während er über der Oberfläche um einen kleinen Betrag, der dem Winde keine merkbare Angriffsfläche bietet, hervorragt. Man benutzt in Folge dessen für verschiedene Tiefen Stäbe von verschiedener Länge. Dieser Stab schwimmt im stehenden Wasser lothrecht, wird aber im Strome von dem schneller fliessenden Wasser der Oberfläche stärker in Bewegung gebracht, als von dem langsamer fliessenden auf dem Grunde. In Folge dessen tritt eine Ausgleichung der verschiedenen Geschwindigkeiten in der ganzen Länge des Stabes in der Weise ein, dass derselbe, sofern er einen durchaus gleichen Querschnitt in allen Theilen besitzt, sich mit der mittleren Geschwindigkeit der betreffenden Wasserlinie vorwärts bewegt. Man erhält auf diese Weise ein Resultat, welches man anderenfalls nur aus zahlreichen Einzelbeobachtungen rechnerisch erlangen könnte. Die eigentliche Ermittelung dieser mittleren Geschwindigkeit erfolgt in derselben Weise, wie die der Oberflächengeschwindigkeit vermittelst der Schwimmkugel.

3. Die Geschwindigkeitsmessung mit der Darcy'schen Röhre: 1732 legte Pitot der Pariser Akademie einen Apparat zur Ge-

schwindigkeitsmessung des fliessenden Wassers vor, der in seiner einfachsten Gestalt ein rechtwinkelig gebogenes, an beiden Schenkeln offenes Rohr darstellt (Fig. 140). Taucht man dasselbe auf eine beliebige Tiefe in's Wasser, so dass der horizontale Röhrenschenkel gegen die Strömung gerichtet ist, so steigt das Wasser in dem anderen Schenkel so hoch, bis die Wasserhöhe h dem Stoss des Wassers das Gleichgewicht hält. Aus der gemessenen Höhe h lässt sich die Wassergeschwindigkeit berechnen durch die Formel $v_x = \mu\sqrt{h}$, wobei der Koeffizient μ für jeden Apparat durch vergleichende Messung derselben Geschwindigkeit mit den Angaben eines Normalinstrumentes bestimmt werden muss. Diese einfachste Einrichtung wurde durch Darcy so verbessert, dass der von ihm hergestellte Apparat (Fig. 141) vortreffliche Dienste leistet, namentlich bei Geschwindigkeitsmessungen hart am Ufer und auf dem Wasserspiegel. Die beiden Röhren C und D sind am oberen Ende mit einer metallenen Fassung versehen, in welcher ein Hahn E angebracht ist, der im geschlossenen Zustande beide Röhren gegen die atmosphärische Luft abschliesst. Wenn der Apparat eingetaucht ist, so kann man durch Saugen am oberen Hahne das Wasser in den Röhren bis in eine zur Beobachtung bequeme Höhe aufsaugen, hierauf den Hahn schliessen und wie gewöhnlich ablesen.

Die beiden Glasrohre C und D sind in einer Eichenholztafel AB eingelassen und ihre unteren Enden in ein kupfernes Verbindungsstück eingekittet. Durch das letztere geht ein Hahn F hindurch, mittelst dessen von oben aus (mit Hülfe von Leinen) die Oeffnungen beider Rohre regulirt werden können. Unter dem Verbindungsstücke sind die Rohre C und D als Kupferrohre fortgesetzt. Dieselben sind rechtwinkelig umgebogen und soweit zur Seite der Holztafel gelegt, dass der vom Apparat erzeugte Stau keinen Einfluss auf die Mündungen ausüben kann. Die Mündung c des Rohres C liegt normal zum Stromstrich, die Mündung d des Rohres D dagegen parallel dazu. In Folge dessen steht in C der Wasserspiegel höher als in D.

Soll eine Geschwindigkeitsmessung vorgenommen werden, so befestigt man den Apparat an einen Eisenstab G und lässt ihn so weit in das Wasser hinab, bis die Mündungen c und d in jener Tiefe liegen, in welcher man die Geschwindigkeit messen will. Die Tafel AB ist um den Eisenstab G drehbar und wird durch die Fahne H stets so gestellt, dass c und d in der Richtung der Strömung liegen. Oeffnet man nun mittelst der einen Leine den

Hahn F, so nimmt das Wasser in den Röhren die der Geschwindigkeit entsprechenden Höhen an. Sind diese konstant geworden, so saugt man sie bei m zur passenden Höhe empor, schliesst den Hahn E und sobald die Wassersäulen beharren, mittelst der zweiten Leine auch den Hahn F, worauf man die Höhen h_1 und h_2 der

Fig. 140.

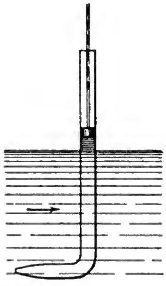


Fig. 141.

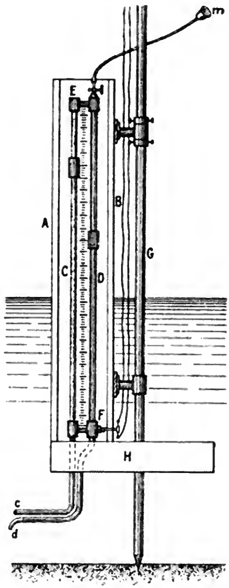
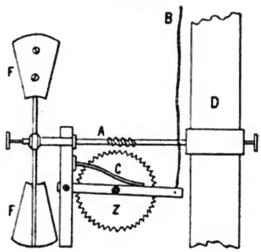


Fig. 142.



beiden Wassersäulen abliest. Die gesuchte Geschwindigkeit ist alsdann $v_x = \mu \sqrt{h_1 - h_2}$. Zum Ablesen dient am besten eine verschiebbare Skala (in Millimeter eingetheilt), deren Nullpunkt man am höheren Wasserspiegel anlegt.

4. Der Woltmann'sche Flügel (Fig. 142) besteht aus mehreren an einer horizontalen Welle befestigten schiefen Flügeln F, die durch den Stoss des Wassers in Bewegung gesetzt werden. Sie drehen eine Achse, deren Umdrehungen durch eine Schraube ohne

Ende auf ein Zahnrad übertragen werden, so dass man mittelst eines Zählwerkes Z die Anzahl der Umdrehungen in einer bestimmten Zeit ablesen kann. Die Leine B und die Feder C dienen dazu, den Zählapparat einzuschalten und auszulösen. Der Apparat wird an einem Stabe D mit rechtwinkeligem Querschnitt befestigt und so in die Tiefe getaucht, in der die Geschwindigkeit gemessen werden soll, dass er sich in der Richtung der Strömung befindet. Sodann wird in einem bestimmten, von einer genau gehenden Sekundenuhr abgelesenen Zeitpunkte das Zählwerk durch Anziehen der Leine angerückt. Nach einiger Zeit, beispielsweise einer Minute, deren Dauer wieder genau beachtet werden muss, löst man das Zählwerk aus und liest die Zahl der Flügelumdrehungen ab. Aus der für jedes Instrument zu bestimmenden Beziehung der Umdrehungszahl zur Wassergeschwindigkeit bestimmt man die letztere. Es ist hier nicht der Platz, auf die zahlreichen Abänderungen und Verbesserungen einzugehen, die im Laufe eines Jahrhunderts an dem Woltmann'schen hydrometrischen Flügel vorgenommen sind, man vergleiche darüber Franzius u. Sonne: Der Wasserbau. Band 3, Seite 283—287, wo man auch Näheres über die Bestimmung der Konstanten findet, die für jeden Apparat zu ermitteln sind.

Kapitel 33.

Die Ermittelung der Wassermenge.

a) In stehenden Gewässern: Für eine genaue Bestimmung der Wassermenge eines stehenden Gewässers sind so viele sorgsam ausgeführte Lothungen erforderlich, dass man daraus ein genaues Bild vom Untergrunde des betreffenden Beckens gewinnt. Zur Erlangung eines in den meisten Fällen genügenden Näherungswerthes braucht man dagegen nur eine geringere Anzahl von Profilen in der Weise abzulothen, dass die Ergebnisse zur Anfertigung einer Isobathenkarte nach Art der in Figur 136 dargestellten genügen. Man denkt sich nun die Wassermenge des Sees durch eine Anzahl von horizontalen Schnitten in ebensoviele Scheiben zerlegt, deren Höhe so gross sei, wie der Abstand der einzelnen Tiefenlinien der Karte, in unserem Falle also 5 m. Zur Vereinfachung der Aufgabe nimmt man an, dass die seitliche Begrenzung dieser Wasserscheiben nicht gekrümmt, sondern gerade ist. Dann stellt jede solcher

Scheiben einen Kegelstumpf dar von 5 m Höhe und der unterste Theil des Sees wird gebildet von einem Kegel, dessen Höhe durch die Differenz der grössten Seetiefe mit der nächsthöheren 5 m-Kurve gegeben ist. Nenne ich nun die Gesammtoberfläche des Sees F, die von der 5 m-Tiefenlinie umschlossene Fläche F_1, die von der 10 m Linie umschlossene F_2 u. s. w. bis F_n, nenne ich die Höhe der einzelnen Scheiben a und den durch a nicht mehr theilbaren Rest der Seetiefe b (Fig. 143), so ist der Inhalt der obersten

Fig. 143.

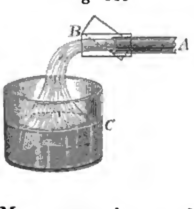


Scheibe $\frac{F + F_1}{2} . a$, der der zweiten $\frac{F_1 + F_2}{2} . a$, der n ten $\frac{F_{(n-1)} + F_n}{2} . a$ und der Inhalt des untersten Theiles $\frac{F_n}{2} . b$.
Daraus ergiebt sich die gesammte Wassermasse zu

$$\frac{a}{2}\left(F + 2F_1 + 2F_2 \ldots . + 2F_{(n-1)} + F_n\right) + \frac{b}{2} . F_n$$

b) In fliessendem Wasser: Der Geologe wird am häufigsten in die Lage kommen, die Methoden der Wassermessung bei Quellen anzuwenden. Man verfährt dabei, wo es irgend möglich ist, so, dass man die Wassermenge des Quellenabflusses (Fig. 144) durch ein Gerinne A in ein seinem Inhalte nach bekanntes Gefäss C einführt und die Zeit an einer Sekundenuhr beobachtet, in welcher dieses gefüllt wird. Das Resultat dieser einfachen Methode kann natürlich nur dann zuverlässig sein, wenn der Wasserausfluss gleichförmig ist, d. h. wenn dem Massgefässe ebensoviel Wasser zufliesst, als die Quelle produzirt. Man muss also zu diesem Zwecke den Quellabfluss durch einen kleinen Einbau aufstauen und mit dem Messen des Abflusses so lange warten, bis man an der Unveränderlichkeit des Wasserspiegels hinter dem Stau die Gleichheit von Zu- und Abfluss er-

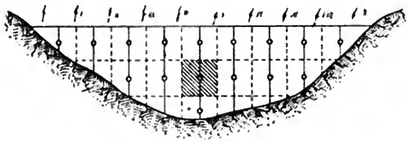
Fig. 144.



kennt. — Die übrigen direkten Messungsmethoden mittelst hydrometrischen Bechers, des Wasserzolls, des Ausflusses aus Oeffnungen in eingebauten Wänden oder durch künstlich errichtete Ueberfälle, werden in den meisten Fällen dem Wasserbauingenieur überlassen bleiben müssen und können deshalb hier nicht näher erwähnt werden.

Auf indirektem Wege kann man die Wassermenge eines Baches oder Flusses ermitteln, indem man die oben beschriebenen Profile und Geschwindigkeitsmessungen benutzt. In der Regel wird für diesen Zweck das Profil (Fig. 145) in einzelne gleichartige Vertikal-

Fig. 145.



streifen f^{I} f^{II} f^{III} ... zerlegt, und die mittlere Geschwindigkeit V^{I} V^{II} V^{III} ... gemessen. Bei grösserer Wassertiefe kann man das Profil auch noch, wie in der Figur angegeben, in mehrere horizontale Streifen zerlegen, deren Geschwindigkeit man einzeln ermittelt. Man berechnet demnach den Flächeninhalt jedes Vertikalstreifens, multiplizirt ihn mit seiner mittleren Geschwindigkeit und ermittelt die Summe dieser Produkte. Wenn man die Summe, die der Wassermenge entspricht, die in einer Sekunde das angenommene Profil passirt, durch den Gesammtflächeninhalt desselben dividirt, so erhält man die mittlere Geschwindigkeit des Flusses.

Kapitel 34.

Entnahme von Grundproben. — Temperaturbestimmung.

Die Entnahme von Grundproben. Die primitivste Entnahme von Grundproben besteht darin, dass man den zum Lothen benützten Metallkörper in seinem unteren Theile halbkugelig aushöhlt und diese Höhlung mit Talg ausstreicht. Sobald das Loth den Grund erreicht, drückt sich von dem Sande oder Schlamme ein Theil in den Talg hinein und kommt mit diesem wieder an die Ober-

fläche. Ist der Untergrund steinig, so bewirken die einzelnen Gerölle Eindrücke, aus deren Form und Grösse sich Schlüsse auf die Beschaffenheit ziehen lassen. Viel zuverlässiger, weil grössere Bodenprobenmengen liefernd, ist eine Vorrichtung, bei welcher der Lothkörper hohl und hinten mit einem Ventil verschlossen ist. So besteht z. B. das von Ule benützte in Fig. 134 dargestellte

Fig. 146.

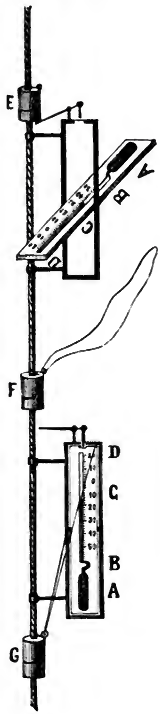


Fig. 147.

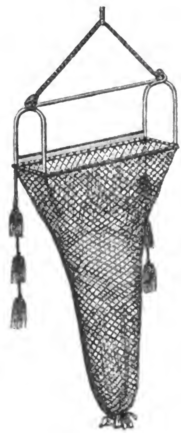
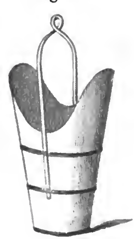


Fig. 148.



Loth *L* aus einem mit einem Bleimantel umgebenen Eisenrohr, das unten mit einem Klappventil *V* verschlossen ist. Dadurch wird einmal ein möglichst schnelles Gleiten des Lothes und sodann

das Aufholen von Bodenabsatz ermöglicht. Beim Hinablassen öffnet sich das Ventil, und das Loth fällt schnell zum Grunde des Wassers hinab und sinkt in Folge dessen in den meist lockeren Seeboden etwas ein. Beim Hochziehen schliesst sich das Ventil wieder und das Loth gelangt, mit der Bodenprobe gefüllt, wieder an die Oberfläche.

Die angegebenen zwei Methoden gestatten natürlich nur eine Erkenntniss des Untergrundes an der einzelnen Stelle, die das Loth berührt. Handelt es sich darum, das thierische und pflanzliche Leben auf dem Grunde eines Sees oder in flachen Meeren zu erkennen, so muss man sich eines Dredgeapparates bedienen. Man kann dazu entweder die sogen. Eimerdredge, einen Zinkeimer mit scharfen Rändern (Fig. 148) oder ein Schleppnetz (Fig. 147) benutzen. Beide Apparate sind so einfach, dass sie sich aus den Abbildungen von selbst erklären. Das Dredgenetz wird durch einen hineingelegten grossen Stein beschwert und an einem Seil, welches mindestens die doppelte Länge der Wassertiefe besitzen muss, vom Boote aus in die Tiefe hinabgesenkt und hierauf hinter dem langsam geruderten Boote einige Zeit auf dem Grunde geschleppt, wobei man sorgsam darauf zu achten hat, ob das Seil durch Straffwerden ein Festhalten des Dredgerahmens unter einem festen Gegenstande anzeigt. Nach einiger Zeit wird es in die Höhe gezogen und sein Inhalt in passende Gefässe entleert.

Die Lothungen und Dredgezüge in der Tiefsee verlangen maschinelle Anlagen und können hier nicht näher besprochen werden.

Die Messung von Wassertemperaturen. Zur Messung der Oberflächentemperatur einer Wassermasse kann man sich eines empfindlichen Thermometers bedienen, da die Ablesung unmittelbar nach dem Herausnehmen des Instrumentes aus dem Wasser erfolgen kann. Anders wird die Sache, wenn man die Temperaturen der verschiedenen Schichten des Wassers bis zum Grunde bestimmen will. Man kann dann zwei verschiedene Wege einschlagen: ist die Tiefe nicht so gross, dass man mehr als eine Minute gebraucht, um das Thermometer an die Oberfläche zu bringen, so kann man sich eines träg gemachten Instrumentes bedienen. Zu diesem Behufe hüllt man die Quecksilberkugel einen Zentimeter stark in weisses Wachs ein, was man mit der Montirung des Thermometers in Messingröhren verbinden kann. Ein solches

Instrument braucht 20—25 Minuten Zeit, bis es sich richtig eingestellt hat, beharrt aber nach der Entfernung aus einem gleich temperirten Medium 2 Minuten unveränderlich auf seinem Stande. Für Messungen in grösseren Tiefen bedient man sich allgemein der von Negretti & Zambra konstruirten Umkehrthermometer. Diese von Murray verbesserten Apparate sind folgendermassen konstruirt [1]) (Fig. 146).

Die Thermometerröhre hat bei *B* oberhalb des Quecksilbergefässes *A* eine Knickung. Wird das Thermometer rasch umgedreht, so dass das Quecksilbergefäss *A* nach oben kommt, so reisst der Quecksilberfaden bei *B* ab und fällt nach dem anderen Ende, nach *CD*. Solange der Quecksilberfaden im Zusammenhang mit dem Quecksilbergefäss war, konnte er bei Abkühlung wieder in das letztere aufgenommen werden, ist er aber abgerissen und isolirt, so kann er seine Grösse nicht mehr wesentlich verändern.

Das Prinzip der Wärmemessung in grossen Tiefen beruht nun darauf, dass man in Abständen von je 50 oder 100 m solche Thermometer an einem Lothungstau befestigt. Nachdem dieselben eine Zeit lang in der Tiefe verweilt haben, lässt man ein ringförmiges Gewicht *E* vom Bord des Schiffes aus am Tau hinabgleiten. Das auf den obersten Hebel auffallende Gewicht bringt das erste Thermometer zum Umklappen. Der Quecksilberfaden reisst an der Biegungsstelle und die Länge desselben fixirt die Höhe der in der betreffenden Wasserschicht herrschenden Temperatur. Ein zweites Gewicht *F* ist an diesem Thermometer so befestigt, dass es durch das Umklappen desselben frei wird und am Seil entlang bis zu dem folgenden zweiten Thermometer gleitet, um dieses zum Umklappen zu bringen u. s. f.

In fliessenden Gewässern von geringer Tiefe wird man, sowohl zur Sicherung des Instrumentes, als auch zur Vermeidung von Fehlern durch das Treiben desselben im Strome, träge Thermometer an der Peilstange befestigen, eine Methode, die man auch bei stehendem Wasser und geringeren Tiefen mit Vortheil benützen kann. Bei grösseren Tiefen muss man aber das Thermometer an der Lothleine in die Tiefe senken. Will man die mit dem Gebrauch von Leinen verbundenen Fehlerquellen vermeiden, so bedient man sich, wie bei Tiefenmessungen, einer Klaviersaite, die mit einem Zählapparat verbunden ist, oder wenn dieser nicht zur Verfügung

[1]) Walther, J., Allgemeine Meereskunde, S. 81.

steht, nach dem Vorschlage von Professor Richter [1]) einer aus drei ganz feinen verzinnten Stahldrähten geflochtenen Drahtlitze, welche eine Tragkraft von 40 kg und auf je 100 m Länge nur ein Gewicht von 0,4 kg besitzt.

In den meisten Landseen befindet sich in bestimmter, aber wechselnder Tiefe eine Schicht, in welcher ein beschleunigtes Sinken der Temperatur zu beobachten ist, die sogen. „Sprungschichte" Richters [2]). Will man nach Feststellung derselben den Temperaturgang in ihr genau feststellen, so befestigt man eine Anzahl träg gemachter Thermometer an einer Latte so über einander, dass der Abstand von einer Kugel zur andern jedesmal 20 cm oder unter Umständen noch weniger beträgt, beschwert die Latte am einen Ende so weit, dass sie aufrecht in die Tiefe sinkt, und lässt sie an der Lothleine hinab.

II. Unterirdische Gewässer.

Kapitel 35.

Die Aufsuchung von Quellen.

Es ist an dieser Stelle ganz unmöglich, in eine ausführliche Darlegung der Gesetze einzutreten, nach denen die Bildung und Bewegung unterirdisch fliessender Gewässer erfolgt. Ich muss mich vielmehr darauf beschränken, in Bezug auf die Aufsuchung von Quellen und Grundwasser eine Anzahl von Gesichtspunkten aufzustellen und verweise im Uebrigen auf das vortreffliche Werk von Lueger „Die Wasserversorgung der Städte", welches auch mir für dieses und das folgende Kapitel reichen Stoff geliefert hat.

Regeln für die Aufsuchung von Quellen. 1. Im durchlässigen Terrain findet man in der Höhe nur sehr selten Quellen; dagegen treten dieselben in den Thälern eines solchen Gebietes meist in grösserer Menge auf und gewöhnlich ist der Beginn der Wasserläufe eine Quelle. Dagegen giebt es im undurchlässigen oder wenig durchlässigen Terrain meistens sehr viele und kleine Quellen und zwar mehr an den Bergen und Hängen als im Thale.

---

[1]) Verhandlungen des neunten Deutschen Geographenkongresses zu Wien 1891, S. 192. Vergl. S. 249 dieses Buches.

[2]) Ebenda S. 193.

Sehr anschaulich schildert Lueger den Unterschied in der Entwässerung durchlässiger und undurchlässiger Gebiete, wie folgt:

„Sind die Widerstände für den offenen Abfluss des Wassers sehr gering und jene für das Eindringen in den Boden gross, so werden die gefallenen Niederschläge rasch den offenen Wasserläufen zugeführt, insbesondere während der Dauer des Regens; die Benetzung, welche der Boden erfährt, wird nach Aufhören des Regens an der Oberfläche eine ziemlich intensive sein, weil dann das Wasser langsam abfliesst und ihm vermöge der schwer durchlässigen Bodendecke auch eine Infiltration sehr erschwert wird. Ist dagegen die Bodendecke sehr locker, bezw. sehr porös oder gehen gar die Spalten und Klüfte des Gebirges offen bis zur Terrainoberfläche, so wird es dem auffallenden Regen leicht oder leichter, in die Tiefe zu sinken, als oberflächlich abzulaufen; bei solcher Terrainbeschaffenheit strömt also den offenen Wasserläufen ein viel geringerer Theil der gefallenen Regenmenge zu als im vorhergehenden Falle.

Nennen wir nun eine Bodenbeschaffenheit der ersteren Art undurchlässig, eine solche der zweiten Art durchlässig, so ist dieselbe in bestimmtem Terrain an den Folgen der atmosphärischen Niederschläge leicht zu erkennen. Abgesehen von Gletschern und Schneeschmelzen im Hochgebirge gestalten sich die Verhältnisse wie folgt:

Bei andauerndem Regen werden die Wasserläufe im undurchlässigen Terrain alle den Charakter als Wildbäche annehmen, sehr rasch anschwellen und in Folge der nun entstehenden starken Strömung viel Erdreich ablösen und fortführen. Sobald der Regen aufgehört hat, tritt das Wasser zurück, weil jetzt ein sehr langsamer Abfluss von der Terrainoberfläche beginnt, und der kurz vorher noch reissende Strom verwandelt sich alsbald in einen kleinen Bach, welcher bei einigermassen anhaltender Trockenheit ganz oder nahezu versiegt. Die durch Regengüsse produzirten Hochwasser sind in solchen Gegenden ausserordentlich verheerend und mächtig, aber von kurzer Dauer. Durch diese rasch entstehenden wilden Wasserläufe wird von der Bodendecke des Gebirges jedesmal viel losgerissen und an dem Fusse der Steilabfälle, gegen den Thalweg des Flusses hin allmählich verlaufend, abgelagert; die Dauer eines Hochwassers ist zu kurz, um den Transport des Detritus auf grössere Entfernung zu gestatten. Bei dem Abschwemmen der Bodendecken vom Gebirge bleiben die von dieser Decke entblössten

Felsen, welche dem Angriffe des Wassers widerstehen, stehen und es bildet sich in Folge dessen ein ganz eigenthümlicher Charakter der äusseren Erscheinung aus. Vor allem ist von beiden Seiten des Gebirges gegen den Thalweg des Flusses ein entschiedenes Gefälle vorhanden und der Fluss ganz oder nahezu an der tiefsten Stelle des Thales. An den Seiten des Thales zeigen sich als Vorsprünge oder Kuppen die von der Bodendecke entblössten Felsen und die Bäche sowohl als der Hauptstrom verlaufen in Schluchten oder tief eingewühlten Betten, wenn sie nicht unmittelbar auf dem Felsen fliessen. Die Verzweigungen der Flüsse sind nach allen Richtungen hin zahlreich, tief eingeschnitten, und alle lassen die Folgen starker Regengüsse in der vorbeschriebenen Weise erkennen; dagegen wird man selten an dem Ende einer einzelnen Verzweigung einen eigentlichen Ursprung in Form einer Quelle vorfinden. Die Kulturen auf dem undurchlässigen Boden sind im Allgemeinen üppig, und insbesondere zeichnen sich als charakteristisch die Wiesen aus, welche nicht allein in der Thalsohle, sondern auch an den Gehängen wohl gedeihen, weil der Boden von der durch den Regen erhaltenen Benetzung zwar verdunsten, aber wenig versinken lässt. Selbstverständlich ist im undurchlässigen Terrain die Bildung von Grundwasser und mithin auch die Bildung von Quellen mangels geeigneter Infiltration sehr erschwert, und deshalb wird man das erstere selbst in der Nähe des Thalweges nie in nennenswerthen Mengen und ebenso selten als Quellen antreffen.

In ganz anderer Weise gestaltet sich der Verlauf bei durchlässigem Boden. In diesem Falle sinkt ein grosser Theil der atmosphärischen Niederschläge durch die Bodendecke unter die Terrainoberfläche ab. Das eingesunkene Wasser erfüllt zunächst die Klüfte und Spalten, überhaupt die freien Zwischenräume der in Stücke getheilten Gebirgsformationen, und tränkt sodann das von ihnen eingeschlossene kompakte Gestein bis zu dessen vollständiger Sättigung; ausserdem aber schafft es sich nach aussen oder in grösseren Tiefen wieder einen Abfluss. Zwischen diesem Abflusse und den ihn speisenden Wasserzügen wird sich ein Verhältniss der Art herstellen, dass sich der Wasserspiegel in den letzteren hebt bei anhaltenden Zuflüssen bezw. Regenfällen und senkt bei länger andauernder Trockenheit. Hebt sich der Wasserspiegel in dem Spaltensystem des Gebirges, so werden immer mächtigere Partien kompakten Gesteins mit Wasser getränkt, senkt er sich dagegen, so geben die getränkten Gesteinsmassen überschüssiges Wasser

wieder ab, welches sodann dem Spaltensystem bezw. dem Abflusse aus demselben zu Gute kommt. In Folge der sehr grossen Reibungswiderstände, welche der Durchfluss des Wassers durch die Bodendecke, den in den Klüften und Spalten befindlichen Detritus, die Poren des Gesteins etc. findet, dauert es stets sehr lange, bis die atmosphärischen Niederschläge an die Stelle gelangen, an welcher sie den unterirdischen Weg wieder verlassen, um als Quellen oder Grundwasser zu Tage oder in die offenen Gewässer auszutreten. Die offenen Gewässer werden also durch derartige Quellen einen nicht sehr wechselnden fortwährenden Zufluss erhalten, da nach dem eben beschriebenen Vorgange die atmosphärischen Infiltrationen im Boden langsam gesammelt und von diesen grossen Reservoiren aus ziemlich gleichmässig wieder abgegeben werden. Zu diesen gleichmässigen Zuflüssen nach den offenen Gewässern gesellt sich bei anhaltendem Regen derjenige Theil der Niederschläge, welcher offen über das Terrain den nächstgelegenen Wasserläufen zueilen kann. Während aber im früheren Falle bei undurchlässigem Terrain dieser Zufluss dem relativ grössten Theil des Regenfalles gleichkam, ist bei durchlässigem Boden der oberflächliche Abfluss, besonders bei schwach geneigten Terrainflächen, ein geringer. In Folge dessen wird hier der Verlauf der Hochwasser ein ganz anderer sein; dieselben werden weniger heftig auftreten und verhältnissmässig langsam verlaufen, weil nach dem Aufhören der Niederschläge die Grundwasserzuflüsse in stärkerem Masse beginnen. Im Allgemeinen wird, da allerwärts dem Wasser Gelegenheit zur Infiltration in den Boden gegeben ist, der Abfluss des Wassers ohne Anschwellung vor sich gehen können und hierzu erheblich weniger Rinnsale zur Sammlung bedürfen. Da die Ufer dieser Rinnsale den heftigen Angriffen, wie sie die Wildbäche veranlassen, nicht ausgesetzt sind, bemerkt man im durchlässigen Terrain weder die tiefen Schluchten, noch die von der schützenden Bodendecke entblössten Gebirgsvorsprünge etc. Die Wasserläufe sind weniger häufig, versiegen aber wegen der andauernden Speisung durch Quellen nie und können sich selbst in Betten erhalten, welche keineswegs der tiefsten Stelle im Thale entsprechen. Die Thäler bilden gewissermassen eine Drainage für die höher gelegenen Theile des Terrains, durch welche die in den Boden filtrirten Wasser abgesaugt werden, und es sind deshalb ausser dem Hauptrinnsale wenig oder keine sichtbaren Wasserläufe zu sehen. Die Bodenoberfläche wird unter dem Einfluss der Regenfälle nicht verändert, die

Thäler sind meistens breit und flach. An den Hängen des Gebirges, überhaupt an Stellen, an welchen nicht gewässert werden kann, können wegen des raschen Absinkens der Regen keine Wiesen kultivirt werden, und sind deshalb die letzteren zumeist nur in den Thalsohlen zu finden. Endlich kann man in solchem Terrain allerwärts im Thalwege einen Grundwasserstrom konstatiren, der sich im Allgemeinen von beiden Seiten gegen das Hauptrinnsal zieht und in das letztere ergiesst.

Uebrigens giebt es auch Ausnahmen von den gegebenen Regeln. Es ist z. B. möglich, dass im undurchlässigen Terrain, ohne dass im Allgemeinen dessen Charakter wesentlich geändert würde, Quellen auftreten, welche bedeutende Mächtigkeit erlangen können; umgekehrt kann der Fall eintreten, dass in vollständig durchlässigem Terrain weder auf der Thalsohle noch sonstwo Quellen oder Grundwasser von Belang zu finden sind, ohne dass die zu ihrer Bildung nothwendigen Niederschläge gefehlt hätten. In solchen Fällen führen die Wege, welche das in den Boden einsinkende Wasser einschlägt, zu anderen, entfernteren Niederschlagsgebieten, bezw. die auftretenden Quellen rühren von Gegenden her, welche ausserhalb der topographischen Niederschlagsfläche des Terrains gelegen sind."

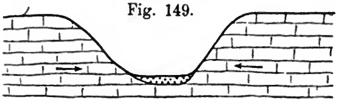
2. Sehr viele Quellen entstehen dadurch, dass ein Grundwasserstrom mit seiner Oberkante die Terrainoberfläche erreicht oder berührt. Der über dem Schnittpunkte liegende Theil des Grundwassers muss dann als Quelle zu Tage treten. Ausser der Terrainform kann aber auch ein Wechsel in der Gesteinsbeschaffenheit dem gleichmässigen Weiterfliessen des Grundwassers ein Hinderniss in den Weg stellen, dasselbe aufstauen und zum Ueberfliessen bringen. Im ersteren Falle treten die Quellen dann vorzugsweise an denjenigen Punkten des Thalgehänges auf, an denen die Höhenlinien dem Thale die konkave Seite zukehren, also im Innern flacherer oder tieferer Einbuchtungen des Gehänges. An solchen Stellen strömen die dem Hauptthale zufliessenden Grundwasser gegen einander, finden in den erwähnten Terraineinbiegungen den für ihre Weiterbewegung erforderlichen Wasserquerschnitt nicht mehr und müssen deshalb zu Tage treten.

3. Im geschichteten Gebirge sind die Schichtfugen und die in der Schichtungsebene lagernden, leicht durchlässigen Bildungen im Allgemeinen die Flächen des geringsten Widerstandes gegen das Weiterfliessen des infiltrirten Wassers. Wird also ein geneigtes

Schichtensystem von der Terrainoberfläche geschnitten, so hat man Quellen zu erwarten, wenn die Schichten gegen den Terraineinschnitt geneigt sind. Bei Thälern im geschichteten Gesteine sind also vier Fälle zu unterscheiden.

a) Das Thal ist in horizontale Schichten eingeschnitten (Fig. 149). Sind in dem Schichtenkomplexe undurchlässige Gesteine enthalten,

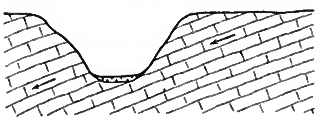
Fig. 149.



so wird oberhalb derselben der Austritt zahlreicher kleinerer Quellen zu erwarten sein.

b) Das Thal ist in einseitig geneigte Schichten eingeschnitten (Fig. 150). Dann wird die Seite, von welcher die Schichten ab-

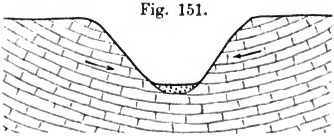
Fig. 150.



fallen, quellenfrei sein, diejenige, nach der sie zufallen, um so reicher daran, je flacher die Neigung der Schichten und je grösser das dadurch der Infiltration dienstbar gemachte Gebiet ist.

c) Das Thal ist in eine Schichtenmulde eingeschnitten (Synklinalthal [Fig. 151]). In diesem Falle sind beide Thalgehänge in gleich

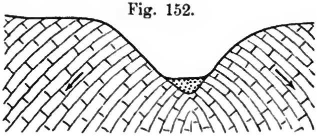
Fig. 151.



günstiger, in Bezug auf Quellen hoffnungsreicher Lage, wie das rechte Thalgehänge im Falle b (Fig. 150).

d) Das Thal ist in einen Schichtensattel eingeschnitten (Antiklinalthal [Fig. 152]). Die Hoffnung auf das Auffinden von Quellen ist in diesem Falle ebenso gering, wie auf der linken Thalseite

Fig. 152.



im Falle b. In einem solchen Thale sind höchstens noch in dem seinen Grund meist erfüllenden zertrümmerten Gestein gewisse Grundwassermengen zu finden.

In den Fällen a—c wirkt eine mehr oder weniger vertikale Zerklüftung des Gesteines durch die dadurch bedingte erhöhte Fähigkeit des Gesteinskomplexes für Wasseraufnahme gewöhnlich günstig auf die Wassermenge der austretenden Quellen ein.

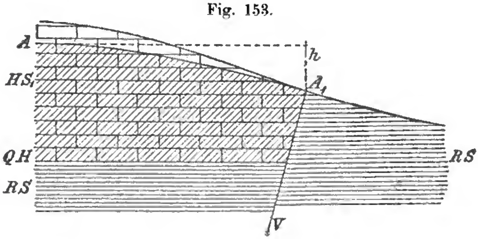
4. Wenn zerklüftete oder nach ihrer petrographischen Beschaffenheit durchlässige Gesteine von einem Mantel weniger oder gar nicht durchlässiger Gesteine umhüllt werden, z. B. von einer Lehm- oder Lössdecke, so vermag die letztere, wenn sie einige Mächtigkeit besitzt, die Grundwassermengen im durchlässigen Gebirge zurückzuhalten und aufzustauen. Dieselben werden dann überall da als Quellen zu Tage treten, wo die Erosion den undurchlässigen Mantel entweder ganz wieder entfernt oder doch stark verdünnt und weniger widerstandsfähig gemacht hat.

5. Ausgedehnte Spaltenbildung im festen Gesteine bietet den eingesunkenen Wassern leichte Zirkulationswege, selbst in den Fällen, in denen nachträglich eine gewisse Ausfüllung der Spalte Statt gefunden hat. Letztere kann entweder durch Eruptivgesteine auf feurig-flüssigem Wege oder durch Erze und andere Mineralien auf wässerigem Wege geschehen sein. In beiden Fällen bleibt aber dem von der Spalte durchsetzten Gestein eine von der Zerreissung herrührende Zerklüftung beiderseits der Spalte und eine dadurch bedingte Durchlässigkeit für das Wasser. Dasselbe wählt deshalb mit Vorliebe diese Spalten als Weg und findet sich auf ihnen in reichlicher Menge. Der Bergbau hat in allen möglichen Tiefen einen harten Kampf mit den auf den Erzgängen zirkulirenden Wassern zu führen, und das Ausstreichen der Erzgänge, die Linie, in der sie

zu Tage ausgehen, ist in sehr vielen Fällen von reihenweise angeordneten Quellen begleitet. Dasselbe ist der Fall, wenn Gänge oder stockförmige Massen von Eruptivgesteinen in nicht allzu durchlässigen Gesteinen auftreten (Diabasgänge im Schiefer, Granit- und Porphyrgänge im Gneiss, Basaltgänge im Jurakalke der schwäbischen Alb). Man wird also bei der Aufsuchung von Quellen das Auftreten und den Verlauf etwa bereits bekannter Erz- oder Mineralgänge, sowie solcher von Eruptivgesteinen genau zu beachten haben.

6. Von ausserordentlicher Bedeutung für die unterirdische Hydrographie eines Gebietes sind diejenigen Spalten, entlang denen Verschiebungen der einzelnen Theile der Erdrinde Statt gehabt haben, die sogen. Verwerfungen. Sie sind in vielen Fällen, wie die unter 5 behandelten gewöhnlichen Spalten, nachträglich wieder ausgefüllt, meist aber enthalten sie nur lockere Fragmente des durchsetzten Gesteins oder stellen nur eine mit glattgeschliffenen Wänden (Harnischen) versehene Trennungsfuge dar. In allen Fällen aber pflegen die Verwerfungsspalten von reichlichen Wassermengen erfüllt zu sein und zwar um so mehr, wenn die Verwerfungsspalte durchlässige gegen undurchlässige Gesteine abschneidet (Fig. 153 u. 154).

Fig. 153.



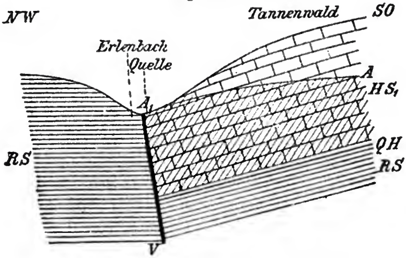
Hat man die Aufgabe, in geognostisch durchforschtem Gebiete Quellen aufzusuchen, so wird man dem etwaigen Auftreten grösserer Verwerfungen in erster Linie Aufmerksamkeit zu schenken haben; in dem 22. Kapitel ist über die Aufsuchung und Verfolgung von Verwerfungen das Erforderliche mitgetheilt.

7. Stossen stark zerklüftete und in Folge dessen zur Wasseraufnahme sehr geeignete Eruptivgesteinsstöcke gegen schwer durchlässige, geschichtete Gesteine (z. B. Thonschiefer), so setzen dieselben der Bewegung des Grundwassers einen starken Widerstand

entgegen, stauen es auf und erzeugen sogen. Ueberfallquellen (Fig. 155). Die Grenze solcher Stöcke ist also sorgsam zu untersuchen.

8. Liegen über festen, minder durchlässigen Gesteinen grössere Anhäufungen groben Trümmergesteins, welches dem Wasser ein

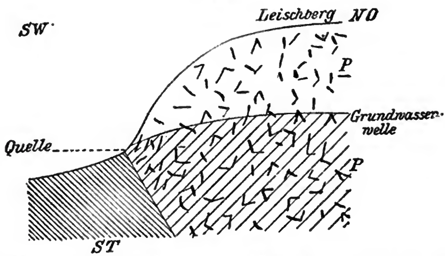
Fig. 154.



Buchstabenerklärung zu den Figuren 153 und 154.
QH = Quellenhorizont und Grenze zwischen unterem Hauptbuntsandstein (HS_1) und Röthelschiefer (RS). — AA_1 Grundwasserwelle. — VA_1 Verwerfung. (Nach A. Leppla.)

leichtes Eindringen in die Tiefe gestattet, so bildet sich auf der Oberfläche des unzersetzten Gesteins eine Grundwasseransammlung, die nun je nach der Form und Neigung der Unterlage sich als

Fig. 155.



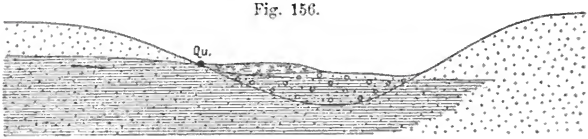
ST = Schieferthone der Tholeyer Schichten, gegen den Felsitporphyr P einfallend. (Nach A. Leppla.)

Grundwasserbecken aufstauen oder als Grundwasserstrom abfliessen wird. In beiden Fällen hat man Aussicht, da, wo unter dem Trümmerwerk das unverwitterte Gestein ansteht, Quellen zu finden. Als Beispiel seien ausgedehnte Bergsturzhalden angeführt, an deren

Fusse, wenn sie auf thonigem oder überhaupt schwer durchlässigem Untergrunde auflagern, nicht selten Quellen austreten, sowie die aus der Verwitterung des Granits hervorgehenden Felsenmeere (Brocken, Fichtelgebirge), deren Wasserabflüsse Ursache ausgedehnter Torfbildung geworden sind.

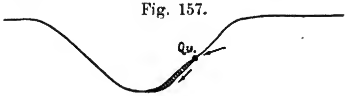
9. Ganz besondere Beachtung hat man dem Auftreten der sogen. Gehängemoore zu schenken. Man versteht darunter Moore, die an Abhängen in der Weise auftreten, dass, wie der folgende Querschnitt (Fig. 156) durch ein solches Gehängemoor zeigt, die hintere

Fig. 156.



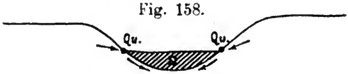
Seite des Moores sich flach an das Gehänge anlegt, während die vordere Seite gewöhnlich ziemlich steil abfällt. Diese Gehängemoore ver-

Fig. 157.



danken ihre Entstehung dem Austritte eines Grundwasserstromes und sind typische Quellmoore. An ihrem hinteren Rande wird

Fig. 158.



man bei Schürfungen gewöhnlich kräftige Quellen finden, die dem vorderen Theile des Moores als Bäche entströmen. Ein solcher auf eine Linie von 40 km Länge ausgedehnter Quellenzug wird beispielsweise am Nordrande des Fläming zwischen Burg und Görzke durch eine Reihe von Gehängemooren angedeutet, und es ist durch eine Anzahl von Bohrungen ein mächtiger, diese Quellen speisender Grundwasserstrom nachgewiesen worden.

10. Wenn mit kohlensaurem Kalk und Eisenoxydul beladene Quellen in raschem Laufe einen Abhang hinabstürzen und dabei tüchtig

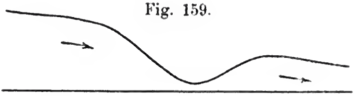
mit der atmosphärischen Luft in Berührung kommen, so verlieren sie einen Theil ihrer Kohlensäure und damit die Fähigkeit, die genannten Salze in Lösung zu halten. Dieselben werden abgeschieden, inkrustiren die überrieselten Pflanzen und bilden mit der Zeit einen porösen, zelligen, lockeren, an der Luft erhärtenden Kalkstein, den man mit dem Namen Kalktuff bezeichnet. Wo man dieses Gebilde antrifft, kann man mit Sicherheit auf die Anwesenheit von Quellen schliessen oder, wenn dieselben heute die Tagesoberfläche nicht mehr erreichen sollten, wenigstens auf einen in geringer Tiefe auftretenden Grundwasserstrom, der diesen Quellen sein Dasein verdankt. Heute treten die Quellen gewöhnlich am untersten Rande der Kalktuffablagerung zu Tage, oder sie haben sich Erosionsrinnen im Kalktuff eingeschnitten; ihre eigentliche Austrittsstelle aber liegt höher, nämlich ungefähr mit den höchsten Punkten des Kalklagers in einem Niveau. Ist die Tuffablagerung auf das eine Gehänge eines Thales beschränkt, so wird man den Quellenaustritt gewöhnlich leicht wahrnehmen (Fig. 157). Sind aber beide Gehänge quellenreich und tuffbildend, so können die beiderseitigen Tufflager in der Thalmitte sich vereinigen und dasselbe schliesslich horizontal erfüllen. Dann hat man Aussicht, eine sehr starke, durch Zusammenfluss entstandene Quelle anzutreffen, wenn man in der Mitte des Thales durch das Tufflager durch auf den Thalboden geht (Fig. 158).

11. Im nördlichen Deutschland ist die obere Grenze des unteren Geschiebemergels ein sehr weit verbreitetes Quellenniveau. Sucht man Quellen in einem Gebiete, von welchem bereits geologische Spezialkarten vorliegen, so wird man sich zunächst aus denselben vergewissern, ob an Gehängen diese Bildung so auftritt, dass über ihr durchlässige Sande und Grande in grösserer Mächtigkeit und in solcher Verbreitung und Schichtenneigung auftreten, dass ein grösseres Infiltrationsgebiet das Grundwasser auf der Oberfläche des unteren Geschiebemergels nach den Stellen abfliessen lassen muss, an denen die genannte Bildung zu Tage tritt. Hat man keine Karten, so wird man zunächst durch Aufschlüsse und Bohrungen sich ein Uebersichtsbild des geognostischen Baues nach den angegebenen Methoden verschaffen und danach weiter operiren.

12. Ist ein Thal in eine geneigte Hochfläche nicht in der Richtung ihres Gefälles eingeschnitten, sondern rechtwinkelig dazu (Fig. 159), so wird man die grössere Hoffnung auf Auffindung von Quellen auf derjenigen Thalseite haben, die unter dem Anstieg der

Hochfläche liegt, da diese ein bedeutend grösseres topographisches Infiltrationsgebiet besitzt, als die andere Seite. Dieser Fall ist bei

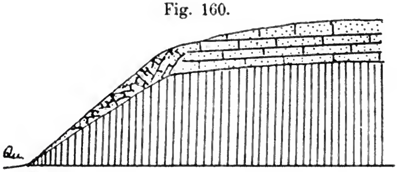
Fig. 159.



den ostwestlich verlaufenden Thälern nördlich vom baltischen Höhenrücken in Pommern und Westpreussen zu beobachten, findet aber gewiss auch auf andere Theile Norddeutschlands Anwendung.

13. Liegen zwei Formationen über einander, von denen die obere weich und zerklüftet, die untere hart und wenig wasserdurchlässig ist, so treten an der Grenze beider meist viele kleine, oder an den Stellen, an welchen das Terrain Einbuchtungen besitzt, ziemlich mächtige Quellen aus. Manchmal ist die eigentliche Austrittsstelle verdeckt durch Blockhalden und die Quelle kommt erst weiter unten bei *Qu* zu Tage (Fig. 160). Hat man er-

Fig. 160.

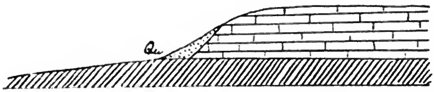


kannt, dass eine solche geognostische Grenze vorliegt, so muss beim Aufsuchen der Quellen diejenige Stelle der Blockhalde aufgesucht werden, an welcher die Blöcke des unterlagernden Gesteins die höchste absolute Lage einnehmen. Diese müssen naturgemäss dem Quellenaustritt am nächsten liegen.

Während in dem eben gedachten Falle im Allgemeinen der untere Hang des Gebirges meist stärker fällt, als der obere, ist es umgekehrt, wenn das weichere Gestein die undurchlässige untere, das härtere die zerklüftete auflagernde Gebirgsart ist. In diesem Falle ist die steilere Böschung stets oben, die flachere unten, und meistens eine so deutliche Charakteristik durch den stumpfen Winkel der Oberfläche ausgeprägt, dass es nicht schwer hält, die bei *Qu* austretenden Quellen zu finden (Fig. 161).

Besonders schön kann man derartige Quellenerscheinungen an den Abhängen des Schwarzwaldes und der Vogesen gegen das Rheinthal sehen, wo der Buntsandstein theilweise dem Granit, theilweise krystallinischen Schiefern u. s. w. aufgelagert ist; überall an der Schichtengrenze zwischen beiden Gesteinen treten Quellen aus und zwar theilweise sehr mächtige. Hier liegt fast immer der in

Fig. 161.



Figur 160 gekennzeichnete Fall vor, da die Böschung des unterliegenden Gebirges meist steiler ist, als die Oberflächenneigung der Sandsteingebilde. Den in Figur 161 bezeichneten Fall trifft man häufig im Jura, besonders dort, wo mächtige Thone oder Mergel unter den klüftigen Kalksteinen liegen. Auch hier ergeben sich meist sehr schöne Quellen. Auch in den Kalksteinen der alpinen Trias sammeln sich oft grosse Infiltrationen über undurchlässigen Schichten und treten an der Gesteinscheide aus. Zu den bekanntesten Beispielen dieser Art gehören die über den „Werfener Schiefern" auftretenden Quellen der Wiener Hochquellenleitung. Die zur teilweisen Wasserversorgung von Paris dienenden Quellen der Dhuis entspringen in ähnlicher Weise auf der Grenze zwischen dem undurchlässigen, aus Mergeln bestehenden Unteroligocän und den zerklüfteten, durchlässigen mitteloligocänen Sandsteinen und Kalken des Pariser Beckens.

14. Wenn in einem breiten Thale sich zwei oder mehr über einander liegende Terrassen finden, so sind dieselben, da sie gewöhnlich aus ganz durchlässigen Schichten aufgebaut sind, in den weitaus meisten Fällen Träger einer Grundwasserwelle, die zum Flusse als ihrem natürlichen Rezipienten entwässert. Wenn diese Grundwasserwelle an einer Stelle, die dann meist am Fusse des Abfalles der einen Terrasse zur andern liegen wird, mit der Terrainoberfläche zum Schnitt gelangt, so werden an dieser Stelle ständige oder intermittirende Quellen auftreten, letzteres in dem Falle, dass nur ein Hochstand des Grundwassers den angenommenen Schnitt ermöglicht. Der folgende Querschnitt (Fig. 162) durch den Nordabhang des Radüethales in Pommern mag diese Verhältnisse illustriren. Die

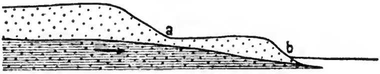
am Fusse der oberen Terasse bei *a* auftretende Quellenlinie hat zunächst Veranlassung zur Bildung kleiner Gehängemoore gegeben. Die abfliessenden Bäche haben, wenn wasserreich, sich ihre Betten in der tieferen Terrasse bis auf und unter die Grundwasserwelle

Fig. 162.



eingeschnitten; wenn wasserarm oder mit geringem Gefälle ausgestattet, wie in der Fig. 163 angenommen, versinken sie im durchlässigen Boden und treten erst unterhalb der unteren Terrasse bei *b* als unmittelbare Grundwasserzuflüsse des Stromes wieder zu Tage.

Fig. 163.



15. Wenn man die in einem Gebiete auftretenden Wasserläufe, die in demselben oder in seiner Nähe ihren Ursprung nehmen, bis zu diesem Ursprunge verfolgt, so erhält man in der Regel aus der Art des Auftretens dieser Quellen einige Hinweise auf die Art der Bewegungen des Grundwassers und auf die Gesetze, an die in einem bestimmten Gebiete das Auftreten der Quellen gebunden ist. Ein blosses Kartenstudium, wie es für die Frage der Aufsuchung von Wasser wohl bisweilen obenan gestellt wird, ist von untergeordnetem Werthe, da selbst in unseren besten, neuesten Messtischblättern die in einem Gebiete auftretenden Quellen in so lückenhafter Weise eingetragen sind, dass bei der hohen, auch militärischen Bedeutung ihres Vorkommmens dieser Mangel aufs Aeusserste zu beklagen ist.

Ueber die rein technische Frage der Beurtheilung der Ergiebigkeit einer Quelle schreibt Lueger (l. c. S. 261): Die grösste Vorsicht ist hinsichtlich Beurtheilung der Wassermenge einer Quelle erforderlich, wenn sie zu Zwecken einer Wasserversorgung benützt werden soll. Die Wassermenge ist durch Messung zu ermitteln (s. S. 260); dabei ist vor Allem zu beachten, dass der Spiegel der Quelle weder gehoben noch gesenkt werde. Hebt man den Wasser-

spiegel, so geräth man in Gefahr, Ausflüsse zu veranlassen, aus welchen die Quelle sonst kein Wasser ergiesst; dieses Wasser geht verloren. Senkt man den Spiegel, so verändert man die Lage der Grundwasserwelle im Gebirge, und das momentan erreichte Mehrquantum hat dann in trockenen Zeiten ein relativ kleineres Ergebniss im Gefolge. Da das Minimum einer Quelle massgebend für die Entscheidung wird, ob sie zu dem Zwecke, für welchen man sie braucht, dienlich ist, so sind die Messungen so lange fortzusetzen, bis wenigstens einmal eine Trockenperiode in dieselben einbezogen werden kann. Auch nach längeren Trockenperioden sollte das Ergebniss noch grösser sein, als der Bedarf, da die Fassungsarbeiten das Ergebniss fast ausnahmslos ungünstig beeinflussen. Eine völlige Sicherheit, dass die Quelle allezeit ausreichen werde, ist niemals geboten.

Kapitel 36.

Die Aufsuchung von Grundwasser.

Regeln für die Aufsuchung von Grundwasser. Wir verstehen unter Grundwasser diejenigen Mengen der atmosphärischen Niederschläge, die weder oberflächlich abfliessen, noch verdunsten, sondern in die Erde eindringen und ihren Weg unterirdisch fortsetzen. Wie gross dieser Antheil ist, muss für jedes einzelne Gebiet festgestellt werden, da er von der Durchlässigkeit des Bodens, der Art der Bodenkultur und der Menge der Niederschläge abhängig, also ausserordentlich schwankend ist. Als allgemeine Regeln für diese Untersuchung führt Lueger folgendes an:

„Im vegetationslosen Boden steigen und fallen die Sickerwasser mit den Niederschlagsmengen, aber in verschiedenem Verhältniss; letzteres ist abhängig von der physikalischen Beschaffenheit des Bodens und dessen Oberfläche, sowie von der Vertheilung der Niederschläge und der Jahreszeit. Je grösser das Verdunstungsvermögen und die Wasserkapazität der Oberflächenschicht, je geringer die Permeabilität des Untergrundes ist, um so kleiner sind unter sonst gleichen Umständen die jeweils in demselben auftretenden Sickerwassermengen, und umgekehrt. Aus diesem Grunde ist die Absickerung des Wassers in die Tiefe in dem Masse vermindert, als der Gehalt des Erdreichs an feinkörnigen thon- und humusreichen Bestandtheilen zu-, an grösseren nicht-

kapillaren Hohlräumen abnimmt und umgekehrt. Die Bedeckung des Bodens mit leblosen Materialien (abgestorbenen Pflanzen und Pflanzentheilen, Steinen, Sand, grobkörnigen Erdarten) hat eine beträchtliche Vermehrung, die Bedeckung mit vegetirenden Pflanzen oder mit einer Erdart, welche das Wasser stark zurückhält, dagegen eine ganz ausserordentliche Verminderung der Sickerwassermenge zur Folge. Die grössten Wassermengen treten in der Tiefe des Bodens gemeinhin in jenen Jahreszeiten auf, in welchen die Niederschläge am ergiebigsten sind; eine Ausnahme hiervon machen jene Gegenden, in welchen im Winter der Boden gefriert und dadurch undurchlässig wird. In letzterem Falle verschiebt sich meist die Abfuhr der Niederschläge von der kälteren Jahreszeit auf das Frühjahr. In Bezug auf das relative Verhältniss der Sickerwassermengen zur Niederschlagsmenge gilt im Allgemeinen das Gesetz, dass von dem zugeführten Wasser um so mehr unterirdisch abgeführt wird, je kälter die Jahreszeit ist (solange der Boden nicht zufriert). In dem mit lebenden Pflanzen bestandenen Boden folgen die Sickerwasser während der Vegetationsperiode nicht dem Gange der Niederschläge, sondern werden in Folge der bedeutenden Verdunstung der Pflanzen in ungewöhnlicher Weise vermindert. Aus diesem Grunde fällt auf allen bebauten Ländereien, gleichviel, wie die Niederschläge vertheilt sind, die Periode der stärksten unterirdischen Wasserabfuhr in die kältere, vegetationslose Jahreszeit, — je nach den herschenden Wärmeverhältnissen in den Winter oder in das Frühjahr."

Die meteorologischen Daten liefern einen Anhalt über die Menge der Niederschläge in dem zu untersuchenden Gebiete. Mit Hülfe der oben angegebenen allgemeinen Regeln muss man versuchen, sich ein Bild davon zu machen, wieviel von denselben in den Boden eindringt, also demselben auch wieder entzogen werden kann. Zu diesem Zwecke ist es erforderlich, die in dem Gebiete vorhandenen offen fliessenden Wässer einer Untersuchung auf ihre Wassermenge zu unterziehen, sowie daraufhin, ob sie in dem Gebiete unterirdische Grundwasserzuflüsse erhalten und wie gross diese sind. Man erlangt darüber Gewissheit, indem man die Wassermenge der betreffenden Gewässer an je zwei Punkten, zwischen denen sie keine oberirdischen Zuflüsse erhalten, misst. Wird das flussabwärts gelegene Profil von einer grösseren Wassermenge passirt, so kann man annehmen, dass auf der Zwischenstrecke dem Wasserlaufe Grundwassermengen zufliessen. Gerade an solchen

Stellen hat man natürlich die begründetste Aussicht, im Thalboden und zwar schon in geringer Tiefe, Grundwasser aufzufinden.

Ueberhaupt hat man die meiste Aussicht, Grundwasser in grösseren Mengen aufzuschliessen, wenn man im ebenen Thalboden der heutigen Gewässer sowie in weiten alluvialen Niederungen nach demselben sucht, und zwar sind die Grundwassermengen um so grösser, je mehr man sich dem offenen Wasserlaufe und damit der tiefsten Stelle des Thales und der Niederung nähert. Wenn hier Grundwasser fortgenommen wird, so erfolgt sogar durch Filtration ein Ersatz desselben aus dem offenen Wasser und es stehen auf diese Weise natürlich sehr grosse Wassermengen zur Verfügung.

Es sind aber nicht bloss die Thäler mit grösseren offenen Wasserläufen, in denen sich unterirdische Grundwasserströme bewegen, sondern es besitzen diese Eigenschaft auch eine sehr grosse Menge sogen. todter Thäler. Sowohl in Norddeutschland, wie auch auf der oberschwäbischen und oberbayerischen Hochebene giebt es zahlreiche vortrefflich ausgebildete Thäler mit deutlichen Thalrändern, ebenem Thalboden und einseitiger Neigung, die heute entweder gar keinen oder nur einen zu ihrer Grösse in gar keinem Verhältnisse stehenden oberirdischen Wasserlauf besitzen. Sie sind alle unter den total verschiedenen hydrographischen Verhältnissen der diluvialen Eiszeit entstanden und haben mit dem Verschwinden des Eises ihren Wasserlauf verloren. Aber fast immer bewegt sich in den überaus durchlässigen Schottern, Kiesen und Sanden, mit dessen diese Thäler zumeist erfüllt sind, ein Grundwasserstrom, dessen Bewegung von den Rändern nach der Mitte zu und dann, in dieser der Neigung des Thales folgend, verläuft. Aus einem solchen todten Thale bezieht z. B. Leipzig sein Wasser.

Verliert ein Fluss an einer Stelle eine bedeutende Menge seines Wassers und nimmt derselbe oder ein anderer benachbarter Fluss eine grosse Wassermenge an einer tiefer gelegenen Stelle auf, so kann zwischen beiden Punkten eine unterirdische Grundwasserströmung bestehen, die unter Umständen zur Wasserentnahme geeignet ist. Um sich Gewissheit zu verschaffen, dass zwischen dem Wasserverlust an der einen Stelle und der Zunahme an der anderen ein Zusammenhang besteht, kann man verschiedene Wege einschlagen. Verschwindet das Wasser in einer offenen Spalte und ist ein Zirkuliren auf Spalten und in Hohlräumen anzunehmen (Kalk- und Gypsgebirge), so kann man leicht-schwimmende Gegenstände, wie Korke, in grosser Menge in das Wasser werfen und muss dann darauf achten,

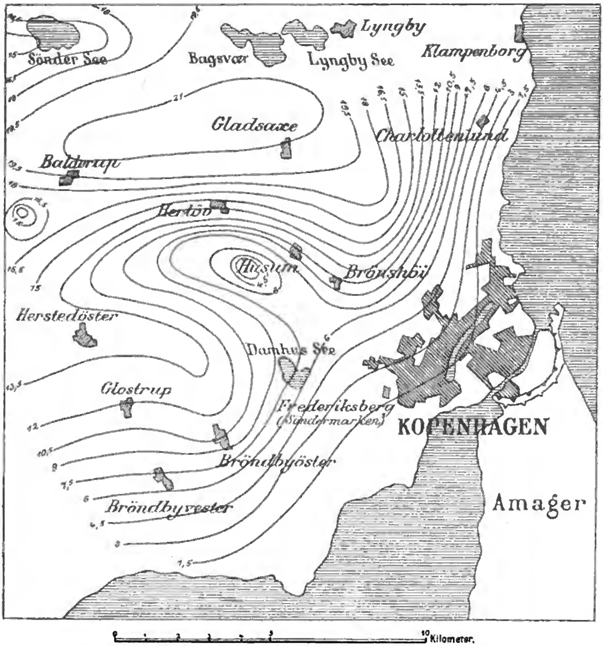
ob dieselben an der gemuthmassten Stelle wieder zum Vorschein kommen. Sicherer ist der Zusammenhang durch Salzung oder Färbung nachzuweisen. Im ersten Falle wirft man kurz vor der Stelle des Verschwindens grosse Mengen von Kochsalz in das Wasser und prüft dann am zweiten Punkte in regelmässigen, kurzen Zwischenräumen das zu Tage tretende Wasser auf seinen Chlorgehalt, indem man der Probe einen Tropfen Höllensteinlösung zugiebt und sieht, ob sich eine wolkige, käsige Trübung durch Chlorsilber bildet. Zur Prüfung des Zusammenhanges durch Färbung giebt man eine grössere Menge eines intensiv färbenden, sich in Wasser leicht lösenden Anilinfarbstoffes, wie Fuchsin, Fluorescin oder Eosin, in das Wasser und prüft am zweiten Punkte die Farbe des ausfliessenden Wassers. Eine nur schwache Färbung desselben wird deutlich sichtbar, wenn man das Wasser in ein hohes Cylinderglas füllt, auf eine weisse Unterlage stellt und von oben hineinsieht. Durch die angegebenen Methoden wurde der Zusammenhang zwischen der in den Ueberlinger See mündenden Aach und dem bei Sigmaringen in einer Spalte im Jura verschwindenden Theile des Donauwassers nachgewiesen, und Beyschlag vermochte durch die Fluorescinfärbung nachzuweisen, dass die Verunreinigung eines Quellenkomplexes von einer 5 Meilen entfernten chemischen Fabrik herrührte. Bei Anwendung der genannten Farbstoffe ist wegen der ungeheuren Färbkraft derselben die grösste Vorsicht und peinlichste Sauberkeit geboten, womöglich selbst die Kleidung vor Betreten des zweiten Ortes zu wechseln.

Wir haben bei der Besprechung der Quellen den in Figur 162 und 163 dargestellten Fall kennen gelernt, dass in einem Thale zwei oder mehrere Terrassen über einander liegen, und haben gesehen, dass in solchem Falle die Grundwasserwelle am Fusse einer solchen Terrasse der Oberfläche am nächsten kommt und daselbst als fortwährende oder intermittirende Quelle auftreten kann. Ist keins von beiden der Fall, so kann man doch in den meisten Fällen das Grundwasser in geringen Tiefen erwarten und mag an solchen Stellen mit guter Aussicht auf Erfolg Versuche auf Wassererschliessung anstellen.

Eine ganze Reihe von Anhaltspunkten für die Aufsuchung von Grundwasser ergeben sich sodann in ganz analoger Weise und natürlicher Folge durch Anwendung der für die Aufsuchung von Quellen gegebenen Gesichtspunkte, unter Berücksichtigung des Umstandes, dass in den weitaus meisten Fällen die Quellen nichts

anderes sind, als die oberflächlichen Theile eines mit der Erdoberfläche zum Schnitte gelangenden Grundwasserstromes. An allen den Punkten also, wo man theoretisch das Auftreten von Quellen erwarten zu dürfen glaubt, ist es angezeigt, bei dem Fehlen derselben wenigstens auf Grundwasser schürfen oder bohren zu lassen.

Fig. 164.



Will man die Grundwasserverhältnisse einer Gegend studiren, so sammelt man in sorgfältiger Weise alles, was sich darüber ermitteln lässt; die Austrittspunkte natürlicher Quellen und ihre geologische Position, die Daten über Höhe und Veränderlichkeit des Wasserstandes in Gräben, Flüssen, Teichen, Seen, Brunnen und Bohrlöchern in einem weiteren Gebiete, und kann schon dadurch

in die Lage kommen, einen oder mehrere geologisch gut fixirte, über grössere Flächenräume sich verbreitende Grundwasserhorizonte zu erkennen. Sind die Beobachtungen zahlreich genug, oder ist man in der glücklichen Lage, in systematischer Weise durch eine Reihe von planmässig angesetzten Bohrlöchern die Grundwasserverhältnisse zu erforschen, so thut man immer gut, eine graphische Darstellung derselben anzufertigen. Zu diesem Zwecke verfährt man folgendermassen: man berechnet sich die absolute Höhenlage des ermittelten Grundwasserspiegels für die einzelnen Orte (d. h. die auf den Meeresspiegel bezogene Höhe) und verbindet nun die Punkte gleichen Grundwasserstandes durch Linien von gleichem vertikalen Abstande, also beispielsweise durch solche von 5 zu 5 m oder von 1 zu 1 m. Eine solche Karte giebt also die Oberfläche, die Neigung und den Grad der Neigung der Grundwasserwelle für das betreffende Gebiet. Wo die Kurven eng an einander rücken, zeigen sie ein starkes Gefälle des Grundwasserstromes an, verrathen also, dass hier bedeutendere Wassermengen ein gegebenes Profil passiren und dass eine zur Wasserentnahme besonders günstige Stelle vorliegt. Ich gebe in Figur 164 ein Beispiel einer solchen Grundwasserkarte; dieselbe stellt die Umgegend von Kopenhagen dar und giebt die Grundwasserlinien von 1,5 zu 1,5 m.

III. Die Wasseruntersuchung.

Kapitel 37.

Methoden der Probeentnahme.

Die Probeentnahme[1]). Allgemeine Regeln. Für die massgebende Beurtheilung eines Wassers ist vor Allem die Erzielung einer Durchschnittsprobe erforderlich, welche zufällige Verunreinigungen, und namentlich solche, welche durch die Art der Entnahme bedingt sein können, ausschliesst. Die zu treffenden Massnahmen werden nach der Oertlichkeit und insbesondere nach der Zugänglichkeit des Wassers einzurichten sein.

Die einfachste Art der Beschaffung eines Wassers zu Genuss- und Gebrauchszwecken ist die Benützung einer Quelle, d. h. desjenigen

[1]) Ohlmüller, Die Untersuchung der Wassers, Berlin 1894, S. 5—14.

Grundwassers, welches auf natürlichem Wege zu Tage tritt. In diesen Fällen kann die von Natur aus vorhandene Austrittstelle erhalten sein, oder sie ist durch Einfassung (Ummauerung u. dergl.) zu einem grösseren Behälter umgestaltet, oder das Wasser ist durch Einlegung eines Rohres oder einer Rinne zum Ausfluss an einem bestimmten Punkte gezwungen. Bei den erstgenannten Formen von Quellen wird zu berücksichtigen sein, dass man sowohl Verunreinigungen, welche die Oberfläche des Wassers bedecken, wie schwimmende Theile von Blättern, Pollenkörner, Algen, Staub, vermeidet, als auch ein Aufrühren des Schlammes, der durch Ablagerungen organischer oder anorganischer Natur gebildet ist, thunlichst verhütet. Das Vorhandensein eines Ausflussrohres schliesst solche Befürchtungen (namentlich hinsichtlich der Oberflächenbeschaffenheit des Wassers) nicht immer vollständig aus; jedoch ist die direkte Füllung des Entnahmegefässes zulässig, da man hierdurch gewiss eine Probe des Wassers erlangen wird, wie solches zur Verwendung kommt.

Sobald das Grundwasser nicht freiwillig zu Tage tritt, sondern erst durch Pumpvorrichtungen gehoben werden muss, ist ein 10 Minuten langes Abpumpen der Entnahme vorauszuschicken, um das in den Röhren stagnirende Wasser zu beseitigen und eine Spülung derselben zu bewerkstelligen.

In gleicher Weise wird man auch das Wasser, welches mittelst eines Rohrnetzes zur Benützung übergeben wird, sei es, dass es aus einer Quelle kommt oder als Oberflächenwasser durch Reinigungsvorrichtung zum Gebrauche geeignet gemacht worden ist, immer nur an einer vielgebrauchten Zapfstelle entnehmen, nachdem man mindestens 10 Minuten lang hat ablaufen lassen.

Besondere Vorsichtsmassregeln erfordert die Entnahme aus Flüssen, Teichen und Seen. Wie bei der offenen Quelle wird man Annäherung an die Oberfläche oder den Grund vermeiden. Es mag die Frage auftreten: soll man seichte oder tiefe Stellen wählen oder soll man den Mittelweg beschreiten, soll man sich an die Mitte oder den Rand des Gewässers halten? Hier bieten sich aus den verschiedensten Ursachen unüberwindliche Schwierigkeiten für die Erzielung einer Durchschnittsprobe, so dass man zur Entnahme mehrerer, oft sogar vieler Proben genöthigt sein wird. Jedenfalls wird man immer die Untersuchung auf Stellen oberhalb und unterhalb der vermutheten Verunreinigungen ausdehnen, um zu verwerthbaren Vergleichszahlen zu gelangen.

Bei Gewässern ohne oder mit nur geringer Bewegung, welche eine Beimengung salzhaltigen Wassers vermuthen lassen, wird man nicht nur an den seichten, sondern auch an den tiefen Stellen, und an letzteren stets auch vom Grunde Proben schöpfen, da diese Verunreinigung in Folge ihres höheren spezifischen Gewichtes das Bestreben hat, tiefer gelegene Stellen aufzusuchen. Die Diffusion kann diese Erscheinung nicht immer vollständig ausgleichen; dieselbe bleibt manchmal sogar bei relativ starker Strömung noch auf verhältnissmässig lange Strecken des Wasserlaufes bestehen. Zu grosse Annäherung an den Uferrand ist zu widerrathen, falls dieselbe nicht aus besonderen Gründen erwünscht erscheint.

Für die Beurtheilung der Verunreinigung solcher Wasserflächen ist es oft zweckdienlich, die Beschaffenheit des Grundes kennen zu lernen, um aus der Menge und Beschaffenheit der Sinkstoffe, welche sich abgelagert haben, Schlüsse zu ziehen.

Für die Entnahme von Wasserproben aus Bohrlöchern ist von Lepsius ein sehr zweckmässiger Apparat (Fig. 165) angegeben worden. Ein Gestelle trägt ein becherglasähnliches Gefäss *B* und einen nach unten gerichteten Glaskolben *A*. In die Mündung des letzteren sind zwei Glasrohre eingefügt, von welchen das eine, beiderseits offene *a* nach oben umgebogen, das andere *b* unten zu einer Kapillare ausgezogen und abgeschmolzen ist. Der Kolben und das erstere Glasrohr werden vollständig mit Quecksilber gefüllt und die Kapillare des anderen Rohres mit einer Leine *c* versehen. So hergerichtet versenkt man das Instrument mittelst eines tragfähigen Drahtseiles in die gewünschte Tiefe und bricht die Kapillare durch Ziehen an der Leine ab. Das Quecksilber ergiesst sich hierauf in das untere Gefäss und saugt durch das aufwärts gerichtete Rohr Wasser in den Kolben nach. Hat man die Wasserprobe zu Tage gefördert, so wird man dieselbe selbstverständlich für den Transport in eine andere Flasche umfüllen und das Instrument für eine weitere Entnahme in entsprechender Weise herrichten.

Ausführung der Probeentnahme. Am zweckmässigsten füllt man die Wasserprobe in eine Glasflasche mit eingeriebenem Glasstöpsel, welcher während des Transportes mit einer Gummikappe überzogen wird. Diese Gefässe sind solchen aus Steingut oder Thon gefertigten immer vorzuziehen, weil man sich bei der Durchsichtigkeit derselben von der Reinheit der inneren Oberfläche jederzeit überzeugen kann. Vor dem Gebrauch ist eine solche

Flasche mittelst gewöhnlichen Wassers, nach Umständen durch die Verwendung von Schwefelsäure vollkommen zu reinigen und hierauf mit destillirtem Wasser so lange nachzuspülen, bis man überzeugt

Fig. 165.

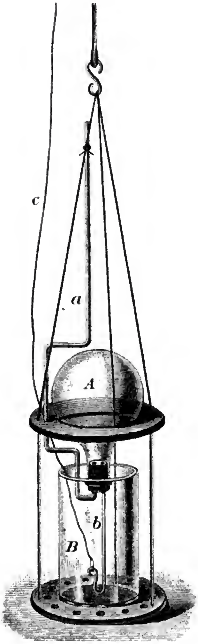
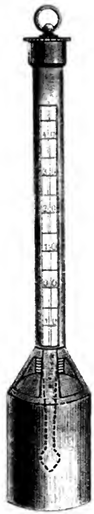


Fig. 166.



ist, dass jede Spur des Reinigungsmittels (namentlich der Säure) beseitigt ist.

Man kann hierauf die offenen Flaschen zum Trockenwerden umgekehrt hinstellen und dieses beschleunigen durch Einlage eines zusammengelegten Streifens Filtrirpapier, welchen man in den Hals hineinsteckt und über denselben hervorragen lässt. Die definitive Füllung mit dem zu prüfenden Wasser darf erst erfolgen, nachdem man mit demselben das Gefäss mehrmals unter kräftigem Umschütteln ausgespült hat.

Die Menge des zu entnehmenden Wassers. Bestimmte Vorschriften über die Menge des zu entnehmenden Wassers zu geben, ist schwierig, da es einerseits von der Gewandtheit des Einzelnen abhängt, die Reihenfolge der nöthigen Bestimmungen praktisch zu gruppiren, und es andererseits nur in seltenen Fällen erforderlich sein wird, die Untersuchung auf alle allenfalls möglichen Bestandtheile des Wassers auszudehnen. Durchschnittlich wird eine Probe von ungefähr 2 l genügen; jedoch kann ein „Zuviel" hier nie schaden, zumal ein Misslingen der einen oder anderen Analyse eine Lücke im Gesammtergebniss im Gefolge haben kann, welche wegen Mangels des gleichen Untersuchungsmateriales nicht mehr auszufüllen ist.

Die Temperatur der Probe. Gleichzeitig mit der Entnahme ist die Prüfung der Temperatur des Wassers auszuführen, da diese sofortigen Veränderungen ausgesetzt ist. Pettenkofer hat für diesen Zweck ein Thermometer (Schöpfthermometer, Fig. 166) angegeben, dessen Kugel mit einem oben offenen Gefäss umschlossen ist. Das letztere füllt sich beim Einsenken mit Wasser, wodurch Bewegungen des Quecksilberfadens durch äussere Einflüsse bis zum Augenblick des Ablesens thunlichst beseitigt werden. Das Thermometer wird an einer eingetheilten Leine bis zur beabsichtigten Entnahmetiefe herabgelassen. Das hierbei in das umschliessende Gefäss eingetretene Wasser wird durch mehrmals ausgeführtes, ruckweises Anziehen durch das zu prüfende Wasser ersetzt. Nach mehreren Minuten darf man annehmen, dass sich das Thermometer auf die Temperatur der jeweiligen Wasserschicht eingestellt hat; hierauf wird es rasch herausgezogen und abgelesen. Selbstverständlich muss das Thermometer in gewissen Zeitabständen auf seine Richtigkeit geprüft und demgemäss mit Korrektion versehen werden.

Vorläufige Prüfung durch Gesicht, Geschmack, Geruch und Reaktion. Es ist von Vortheil, bei der entnommenen Probe die Beobachtungen gleich zu verzeichnen, welche durch die eben bezeichneten Sinnesorgane gemacht werden können; sind die Ergebnisse dieser Prüfung auch nicht massgebend, so bieten sie doch oft einen Behelf für die nachträglich auszuführende physikalische und chemische Untersuchung. Man wird sich von der Färbung des Wassers überzeugen und zu beurtheilen versuchen,

ob etwaige Trübungen durch grössere oder feinere schwimmende Bestandtheile verursacht sind. Das Aussehen des Wassers rechtfertigt manchmal eine vermuthete Verunreinigung und der Geschmack und Geruch sind oft geradezu leitend für die weitere Wahl des Entnahmeortes. In gleichem Sinne muss eine Vorprüfung der chemischen Reaktion durch empfindliches Lackmuspapier aufgefasst werden.

Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse. Um die Ursachen und Wege der Verunreinigung von Wässern zu erforschen, muss der Probeentnahme eine sorgfältige Prüfung der Umgebung vorausgeschickt werden. In dieser Hinsicht kommen in Betracht die Nachbarschaft von Ortschaften und deren Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe und Fäkalien, sodann Fabriken und deren Beseitigung der Abwässer, und Bergwerke hinsichtlich der Beschaffenheit ihrer Stollenwässer. Der Inhalt einer durchlässigen Düngergrube oder eines undichten Siels kann beträchtliche Verunreinigungen bei Brunnen im Gefolge haben. Es wird ferner in manchen Fällen die Art des Landwirthschaftsbetriebes zu berücksichtigen sein, ob vorwiegend Acker-, Wiesen- oder Waldkultur vorhanden ist, ob Stalldünger oder sogen. künstlicher (Kainit, Phosphorit, Thomasschlacke, Gyps u. dergl.) zur Verwendung kommen.

Ausgedehnte Flächen von Sumpf, Moor- oder Torfablagerungen verleihen dem Wasser bestimmte Eigenschaften; es nimmt mitunter Huminsubstanzen auf, welche ihm in gelöstem Zustande eine gelbliche bis bräunliche Farbe verleihen, oder im ungelösten als braunschwarze Flocken ausfallen.

Nicht unbeachtet darf die Beschaffenheit des Bodens bleiben. Für die Zusammensetzung des Wassers ist die Art der geologischen Formation massgebend, indem dasselbe in Folge seiner lösenden Kraft und durch die chemische Einwirkung bereits vorhandener Stoffe Bestandtheile des Bodens in sich aufnimmt.

Was die Verunreinigung von Flüssen betrifft, so darf ungeachtet der Ursache derselben der Charakter solcher Wasserläufe nicht ohne Berücksichtigung bleiben, da dieser für den Grad der Selbstreinigung bestimmend ist. Es würde zu weit führen, im vorliegenden Werke des Näheren auf das Schicksal fremder Stoffe im Flusswasser einzugehen, es sei vielmehr nur erwähnt, dass ausser der Thätigkeit der niederen Pflanzenwelt (Algen, Pilze und Bak-

terien im engeren Sinne) auch höhere pflanzliche Vegetationen an den Ufern und seichten Stellen von Bedeutung sind, und dass das Mass der Strömungsgeschwindigkeit eine hervorragende Rolle bei diesem thatsächlich bestehenden Vorgange spielt, dessen Zustandekommen im Einzelnen noch nicht genau bekannt ist. Abgesehen von diesen verwickelten Verhältnissen wird man bei der Probeentnahme schon auf die Bewegung des Wassers Bedacht nehmen müssen, da je nach dem Grade derselben eine innigere oder geringere Vermischung mit den jeweilig verunreinigenden Stoffen und eventuell eine Sedimentirung des unlöslichen Antheils derselben zu Stande kommt, und weiterhin die Sauerstoffaufnahme des Wassers davon abhängig ist. Es kommen hier die von Natur aus bestehenden Bedingungen für die Fortbewegung des Flusswassers in Betracht, wie beispielsweise die Abflachung des Geländes und dementsprechende Windung und Schlängelung des Flusslaufes. Nicht minder wichtig sind die von Menschenhand geschaffenen Behinderungen der Strömung in Form von Wehren und anderen Stauvorrichtungen. Der Vergleich von Proben ober- und unterhalb solcher Anlagen bietet oft einen sehr lehrreichen Einblick in die obwaltenden Verhältnisse.

Berücksichtigung meteorologischer Verhältnisse. In vielen Fällen ist es angezeigt, gewissen meteorologischen Verhältnissen Beachtung zu schenken. Bei flachen Oberflächengewässern oder bei solchen von geringer Strömung und insbesondere in der Nähe des Meeres (an den Mündungsstellen von Flüssen) ist die Stärke und die Richtung des Windes beeinflussend für die Zusammensetzung des Wassers. Auch die Menge der Niederschläge, welche der Untersuchung vorangegangen sind, ist von besonderer Bedeutung. Im Allgemeinen wird man zu grosse, plötzliche Regenmengen und anhaltende Trockenheit zu umgehen suchen, falls nicht einer dieser Zustände die Untersuchung wünschenswerth erscheinen lässt. Denn es ist eine bekannte Erfahrung, dass zu Tage liegende Wasserflächen nach starken Regengüssen mehr organische Substanzen führen, welche von den umliegenden Ländereien zugeschwemmt werden, und andererseits bei geringer Niederschlagsmenge mehr durch Grundwasser und Quellen versorgt werden, welche je nach der geologischen Formation eine Bereicherung an anorganischen Bestandtheilen bedingen. Mit gewissen Einschränkungen ist auch das innerhalb des Bodens sich bewegende

Wasser derartigen Veränderungen durch solche Naturereignisse unterworfen.

Die eigentliche bakteriologische Untersuchung eines Gebrauchswassers wird man stets denjenigen Instituten und Laboratorien anvertrauen, die mit den nöthigen Hülfsmitteln ausgestattet sind und über geschulte Kräfte verfügen. Dagegen ist es für den Geologen wichtig, zu wissen, in welcher Weise die Entnahme der für solche Untersuchung bestimmten Wasserproben zu erfolgen hat, da es gar häufig schon der Kosten wegen unausführbar sein wird, diese Arbeit von einem in bakteriologischen Untersuchungen geschulten Manne ausführen zu lassen.

Da die Zahl der in einem Wasser enthaltenen Bakterien sich bei der Aufbewahrung desselben in Gefässen ganz rapide vermehrt und aus der Art dieser Vermehrung in keiner Weise Rückschlüsse auf den Arten- und Individuenreichthum des Wassers bei der Entnahme gemacht werden können, so ist darauf hinzuwirken, dass zwischen dem Augenblicke der Entnahme und der Anlage der Kulturversuche nicht allzulange Zeit verstreiche.

Frank[1]) hat eine Aufstellung alles dessen, was zu einer bakteriologischen Wasseruntersuchung nothwendig ist und worauf man bei derselben zu achten hat, sowie eine genaue Beschreibung derjenigen einzelnen Handlungen, die bei Anlage der Kulturversuche vorkommen, gegeben und die erforderlichen Apparate zusammengestellt.

Erfordernisse. Behufs Vorbereitung zur bakteriologischen Untersuchung sind folgende Gegenstände erforderlich:

1. Folgende, in einem Kästchen befindliche Gegenstände:
   a) 4 runde Fläschchen mit flachen Wänden, angefüllt mit Nährgelatine (Kulturgefässe),
   b) 1 Blechkasten mit 5 Pipetten,
   c) 2 kleine Fläschchen mit Glasstopfen.

(Die Wattepfropfen der Kulturgefässe, die Glasstopfen der Fläschchen und der Deckel des Blechkastens dürfen unter keiner Bedingung vor dem direkten Gebrauch gelüftet, resp. aus der Mündung herausgezogen werden.)

---

[1]) Zeitschr. f. analyt. Chemie XXX, 1891, S. 308—312.

2. Eine Waschschüssel mit warmem Wasser, 28° R. oder 35° C. Die Temperatur muss durch ein Thermometer bestimmt werden.

(In dieses warme Wasser werden die Kulturgefässe eingetaucht, bis die Gelatine vollkommen geschmolzen ist. Es ist hierbei besonders darauf zu achten, dass der Watteverschluss vom Wasser nicht befeuchtet werde.)

3. Ein Tisch oder eine sonstige horizontale Unterlage, auf welcher die Kulturgefässe während des Erstarrens der Gelatine lagern.

4. Waschwasser, Seife, Nagelbürste, Nagelfeile, reine Handtücher.

5. Eventuell entsprechend zerkleinertes Eis (vergl. die Bemerkung über die Verpackung am Schlusse).

Uebersicht des Verfahrens. Die Gesammtoperation gliedert sich in folgende einzelne Aufgaben:

1. Die Verflüssigung der Nährgelatine in den Kulturgefässen durch Einstellen in warmes Wasser.

2. Das Anfüllen des Wasserfläschchens mit dem zu untersuchenden Wasser.

3. Die Entnahme einer abgemessenen Wassermenge aus dem gefüllten Wasserfläschchen mittelst sterilisirter Pipette, die Vermischung der Wasserprobe mit der verflüssigten Nährgelatine in den Kulturgefässen und den Verschluss der Kulturgefässe.

4. Das Erstarrenlassen der Nährgelatine.

5. Die Verpackung der Kulturgefässe.

Allgemeine Regeln und vorbereitende Handlungen. 1. Bei der Entnahme des Wassers zur bakteriologischen Untersuchung, sowie beim Einfüllen des Wassers in die Kulturgefässe ist die peinlichste Sauberkeit und genaueste Befolgung der mitgetheilten Regeln durchaus erforderlich.

2. Zur Ausführung sind zwei Personen nöthig. Die eine besorgt die eigentliche Entnahme der Wasserprobe und die Einfüllung in die Kulturgefässe. Es empfiehlt sich, hierzu eine mit solchen Arbeiten vertraute Persönlichkeit, einen Arzt, Apotheker oder Chemiker, eventuell auch Lehrer zu wählen.

Die zweite Person übernimmt das Pumpen des Wassers, bezw. die Reinigung der Ausflussöffnung. Sie besorgt die Verflüssigung der Gelatine in den Kulturgefässen, während sich die erste Person

die Hände reinigt, und leistet überhaupt der ersten Person den sonst erforderlichen Beistand.

3. Das in den Leitungsröhren, resp. dem Pumpwerke stagnirende Wasser muss vor der Entnahme der Wasserprobe entfernt werden; dazu genügt bei vollkommen guten Anlagen Auslaufenlassen aus dem ganz geöffneten Hahne, resp. kräftiges Pumpen während 10 Minuten. Sind aber an der Ausflussöffnung sichtbare Verunreinigungen vorhanden, so muss dieselbe aufs sorgfältigste gereinigt werden. Bei Pumpen muss das Pumpwerk in gutem Zustande sein.

4. Die mit der Entnahme beauftragte Person legt den Rock ab, stülpt an beiden Armen die Hemdärmel in die Höhe und befestigt dieselben dann so sicher, dass sie von selbst nicht herunterfallen können. Darauf wäscht sie sich sorgfältig mit Seife und Bürste die Hände und Arme bis über das Ellenbogengelenk. Hierbei ist besondere Sorgfalt auf die Reinigung der Fingernägel zu verwenden, welche eventuell mit der Nagelfeile zu behandeln sind. Schliesslich trocknet sich der Betreffende mit einem reinen Handtuch ab.

5. Nachdem beide Hände und Arme sorgfältigst gereinigt sind, wird aus dem zugeschickten, bereits vorher geöffneten Kästchen eines der beiden kleinen, leeren Fläschchen zur Wasserentnahme herausgezogen.

Das zweite leere Fläschchen dient als Ersatz, falls die richtige Einfüllung des einen nicht gelingen sollte.

6. Dieses Fläschchen wird nunmehr mit der einen Hand uneröffnet in den jetzt langsam ausfliessenden Wasserstrahl eingeführt, dann wird mit der anderen Hand im Wasserstrahl der Glasstopfen abgenommen, das Fläschchen mit Wasser gefüllt und schliesslich der Glasstopfen im Wasserstrahl wiedereingesetzt.

B e s c h i c k e n d e r b e i g e g e b e n e n K u l t u r g e f ä s s e. 1. Der Glasstöpsel des gefüllten Wasserfläschchens wird abgenommen und mit der Platte nach unten auf den Tisch gelegt. Eines der in dem Blechkasten befindlichen Röhrchen (sogen. Pipette) wird nun entnommen und in dieses Wasserfläschchen mit dem spitzen Ende bis auf den Boden eingetaucht.

2. Man lässt nun das Wasser frei von unten in die Pipette eintreten, bis es über der oberen Marke steht.

3. Ist die Pipette in richtiger Weise gefüllt, so wird mit der Kuppe des aufgesetzten Zeigefingers die obere Ausflussöffnung fest verschlossen und die Pipette aus dem Wasserfläschchen herausgenommen, darnach wird der Glasstopfen wieder eingesetzt.

4. Dann lasse man durch vorsichtiges Lüften des aufgesetzten Zeigefingers so viel Wasser aus der Pipette ausfliessen, dass der Stand des Wasserfadens in der Pipette die obere Marke eben erreicht.

5. Jetzt wird von einem der vorher schon von der zweiten Person bis zur Verflüssigung der Gelatine erwärmten Kulturgefässe, während diese zweite Person dasselbe unten hält, von der ersten Person der Wattepfropf mit der linken Hand durch drehende Bewegungen abgenommen und in dieser Hand behalten.

6. In den Hals des so geöffneten Kulturgefässes wird die Spitze der mit Wasser gefüllten Pipette eingesetzt und durch Lüften des rechten Zeigefingers das Wasser aus der Pipette bis zur unteren Marke abgelassen.

7. Ist dies geschehen, so wird das Kulturgefäss wieder mit dem Wattepfropf geschlossen.

8. Durch mehrfaches, sanftes Neigen des Kulturgefässes wird das Wasser mit der Gelatine vermischt und dann das Kulturgefäss auf die oben erwähnte horizontale Unterlage aufgelegt, bis die Gelatine erstarrt ist.

9. In ganz genau derselben Weise werden auch die übrigen Kulturgefässe unter jedesmaliger Verwendung einer neuen Pipette mit Wasser versehen. Dieselben werden dann, nachdem die Gelatine vollständig erstarrt ist, in den Kasten in genau gleicher Weise verpackt, wie sie zugegangen sind.

10. Ist bei einem dieser Akte eine Störung vorgekommen, so muss dieselbe auf dem beigegebenen Zettel unter Bezeichnung des Kulturgefässes, bei dessen Füllung diese Störung eintrat, angegeben werden.

Aufbewahrung, Verpackung und Rücksendung des Kästchens. Das Kästchen ist nach Empfang an einem kühlen, aber trockenen Ort aufzubewahren. Bei dem Rücktransport ist darauf Rücksicht zu nehmen, dass eine Beförderungsgelegenheit mit der Post ausgewählt wird, bei welcher das Kästchen möglichst kurz unterwegs ist. Die Zeit zur Probeentnahme und Beschickung

der Kulturgefässe ist so zu wählen, dass die Absendung möglichst unmittelbar nach derselben stattfinden kann.

Bei warmem Wetter wird das Kästchen in einer Kiste mit doppelwandigem Blecheinsatz übersandt. Der zwischen den Wänden des Blechkastens verbleibende Raum ist in diesem Fall auf dem Hintransport mit kleinen Eisstückchen angefüllt und muss für den Rücktransport nach Entleerung des Wassers in gleicher Weise mit Eis beschickt werden.

Kapitel 38.

Bestimmung von schwebenden Körpern, Rückstand und Härte.

Chemische Untersuchung des Wassers. Von den zahlreichen und zu ausserordentlicher Feinheit entwickelten Methoden der quantitativen Wasseranalyse kann an dieser Stelle nicht gehandelt werden, da dieselbe dem Chemiker überlassen bleiben muss. Ich beschränke mich darauf, für drei Dinge, die dem Geologen und Techniker oft von grossem Interesse sind, quantitative, verhältnissmässig einfache Methoden anzugeben, nämlich für die Ermittelung der Menge der im Wasser schwebenden festen Bestandtheile, für die Bestimmung des sogen. Rückstandes, sowie zur Feststellung der sogen. Härte. Dagegen können für die übrigen in Wasser auftretenden wichtigeren Stoffe nur einfache qualitative Nachweismethoden angegeben werden.

1. Bestimmung der schwebenden festen Körper. Um die Menge der in einem Fluss- oder sonstigen Wasser mechanisch suspendirten (schwebenden) Bestandtheile (Flusstrübe) zu ermitteln, lässt man in einem wohlverschlossenen Gefässe 1—2 Liter des Wassers zunächst ruhig stehen, bis die Trübe sich abgesetzt hat. Hierauf wird das Wasser durch ein bei 110° getrocknetes, vorher gewogenes Filter von bekanntem Aschengehalte gegeben. Hierauf bringt man den Bodensatz unter sorgfältigem Nachspülen mit destillirtem Wasser ebenfalls auf das Filter, wobei man zum Ablösen fest anhaftender Theilchen sich zweckmässig eines Glasstabes bedient, über dessen unteres Ende ein kurzes Stück Kautschukschlauch gespannt ist. Der Inhalt des Filters wird gut ausgewaschen, mit demselben bei 110° getrocknet und nach dem Erkalten im Wägeröhrchen gewogen. Den organischen Antheil,

den Glühverlust, ermittelt man in derselben Weise, wie bei dem Rückstande, nachdem man den Filterinhalt in einen Tiegel gebracht, und das in einer Platinspirale veraschte Filter beigefügt hat.

2. Bestimmung des Rückstandes und des Glühverlustes. Den Rückstand, d. h. die bei 100° nicht flüchtigen Bestandtheile des Wassers ermittelt man, indem man in einer gewogenen Schale von etwa 50 cm^3 Inhalt (Porzellan oder Platin) 500 cm^3 des vorher filtrirten Wassers verdampft, den Rückstand bei 110° trocknet und die Schale wägt. Das Mehrgewicht der Schale in Grammen giebt, mit 5 dividirt, den Rückstand in Prozenten an. Wird der Rückstand geglüht, so erfährt derselbe eine Gewichtsverminderung, die auf dem Verbrennen organischer Substanz, auf dem Entweichen des Krystallwassers der Salze und auf der Umwandlung organischer in unorganische Säuren beruht.

Um die letzteren, meist als Karbonat gebunden, nicht zu zerstören, sowie um das Verjagen der Alkalichloride zu vermeiden, darf man das Glühen nur bis zur sogen. dunklen Rothgluth treiben und muss nach dem Glühen etwa doch zerstörte Karbonate durch Betupfen mit kohlensäurehaltigem Wasser regeneriren; letzteres wird vor dem Wägen durch schwaches Erhitzen wieder verjagt. Die Gewichtsminderung, die der Rückstand durch das Glühen erfahren hat, bezeichnet man als Glühverlust.

3. Die Bestimmung der Härte des Wassers nach Clark. Die Menge der in dem Wasser enthaltenen Kalk- und Magnesiasalze bedingt die sogen. Härte desselben, und zwar versteht man unter einem Härtegrade bei uns, dass in 100 000 Gewichtstheilen Wasser ein Gewichtstheil Kalkerde (CaO) enthalten ist. Für vorhandenes Magnesiumoxyd wird dabei die äquivalente Menge Kalkerde gerechnet, die man durch Multiplikation mit dem Faktor 1,4 erhält. Ein fransösischer Härtegrad bezeichnet die Anwesenheit von einem Theile Kalkkarbonat in 100000 Theilen Wasser, ein englischer einen Gewichtstheil Kalkerde in 125000 Theilen Wasser. Es entsprechen also

100 englische Härtegrade 80 deutschen,
100 französische Härtegrade 56 deutschen,
100 französische Härtegrade 70 englischen.

Das Prinzip der Härtebestimmung beruht darauf, dass man mit einer Seifenlösung von bestimmtem Gehalte eine chemische Umsetzung der neutralen Erdalkalien mit fettsaurem Kalium (der Seife)

herbeiführt; hierbei bilden die Erdalkalien unlösliche Verbindungen mit den Fettsäuren, während die anorganischen Säuren mit den Alkalien sich zu löslichen Salzen vereinigen.

Die Seifenlösung ist so hergerichtet, dass sie in 100 cm^3 Wasser 12 mg Kalk- oder äquivalente Mengen von neutralem Baryum- oder Magnesiumsalze zu binden vermag; sie zeigt also 12 deutsche Härtegrade an.

Zunächst stellt man sich die nöthige Seife her, indem man 150 Theile Bleipflaster auf dem Wasserbade zerfliessen lässt und hiernach mit 40 Theilen Kaliumkarbonat zu einer gleichmässigen Masse verreibt. Diese wird mit absolutem Alkohol ausgezogen und das Ganze zur Abscheidung etwaiger ungelöster Bestandtheile filtrirt. Aus dem Filtrat beseitigt man den Alkohol durch Destillation und trocknet hiernach die zurückbleibende Seife im Wasserbade. Zur Bereitung der Seifenlösung löst man vorläufig 20 Theile der eben hergestellten Seife in 1000 Theilen verdünnten Alkohols von 56 Volumprozenten auf. Zur Prüfung derselben stellt man sich eine Baryumsalzlösung her, von welcher 100 cm^3 12 mg Kalkäquivalent entsprechen. Man erzielt sie, indem man 0,599 g reines, bei 100° C. getrocknetes Baryumnitrat oder 0,523 g reines lufttrockenes Baryumchlorid ($BaCl_2 + 2\,H_2O$) in einem Liter destillirten Wassers löst. Die Baryumsalze sind an Stelle von Calcium oder Magnesiumsalzen gewählt, weil sie schneller und leichter mit der Fettsäure in Verbindung treten, als letztere.

Einstellung des Titers der Seifenlösung. In ein Stöpselglas von 200 cm^3 Inhalt füllt man 100 cm^3 der obigen Baryumsalzlösung und lässt aus einer Quetschhahnbürette zunächst eine grössere Menge, später nur immer 0,5 cm^3 und schliesslich nur Tropfen der Seifenlösung zufliessen. Inzwischen schüttelt man den Inhalt des Stöpselglases gehörig durch und beobachtet, ob sich ein feinblasiger Schaum bildet, welcher 5 Minuten lang bestehen bleibt. Hätte man z. B. 18 cm^3 Seifenlösung verbraucht, um eine solche Schaumbildung zu erzielen, so ist erstere zu konzentrirt. Es müssen demnach 18 cm^3 derselben in einen Messcylinder mit 27 cm^3 56%igem Alkohol verdünnt werden, um die richtige Seifenlösung zu erlangen. Selbstverständlich ist diese nochmals auf ihre Zuverlässigkeit in gleicher Weise wie vorher zu prüfen, wobei für 100 cm^3 der Baryumsalzlösung genau 45 cm^3 verbraucht werden dürfen.

Ausführung der Wasseruntersuchung. In das wohlgereinigte Stöpselglas werden 100 cm³ des zu prüfenden Wassers mittelst einer Pipette gebracht. Den Stand des Wasserspiegels bezeichnet man sich mit einer Marke. Hierauf wird die Titrirung in gleicher Weise wie bei der Titerstellung mit der Seifenlösung ausgeführt.

Bei Wässern mit stärkerer Härte als 12 deutschen Graden sind immer Verdünnungen, jedoch stets das gleiche Volumen anzuwenden. Man wird deshalb 10, 20 oder 30 cm³ Wasser benützen und dann erst die Untersuchung einleiten, nachdem man bis zur oben erwähnten Marke mit destillirtem Wasser aufgefüllt hat.

Die Untersuchung des Verbrauches an Seifenlösung auf Härtegrade geschieht unter Berücksichtigung etwa vorgenommener Verdünnung mittelst Benützung der nachstehenden Tabelle:

Tabelle von Faist und Knauss.

Es entsprechen cm³ verbrauchter Seifenlösung	Deutschen Härtegraden	Es entsprechen cm³ verbrauchter Seifenlösung	Deutschen Härtegraden
3,4	0,5	22,6	5,5
5,4	1,0	24,4	6,0
7,4	1,5	26.2	6,5
9,4	2,0	28,0	7,0
		29,8	7,5
Die Differenz von 1 cm³ Seifenlösung = 0,25 Härtegrad		31,6	8,0
		Die Differenz von 1 cm³ Seifenlösung = 0,277 Härtegrad	
11,3	2,5		
13,2	3,0		
15,1	3,5	33,3	8,5
17,0	4,0	35,0	9,0
18,9	4,5	36,7	9,5
20,8	5,0	38,4	10,0
		40,1	10,5
Die Differenz von 1 cm³ Seifenlösung = 0,26 Härtegrad		41,8	11,0
		Die Differenz von 1 cm³ Seifenlösung = 0,294 Härtegrad	
		43,4	11,5
		45,0	12,0

Beispiele: Der Verbrauch an Seifenlösung sei gewesen:

1. 26,2 cm^3 = 6,5 deutsche Härtegrade.

2. 27,4 cm^3. Die Differenz der nächst höheren Stelle 28,0 ist 28,0 − 27,4 = 0,6 cm^3. In dieser Kolumne entspricht 1 cm^3 Seifenlösung 0,277 Härtegrad, folglich 0,6 $cm^3 = \frac{0,6 \times 0,277}{1}$ = 0,1662 Härtegrade. Die Härte des Wassers betrug demnach 7,0—0,166 = 6,83 Grade.

3. 21,0 cm^3. Die Differenz zur nächst liegenden niederen Stelle 20,8 beträgt 21,0 — 20,8 = 0,2; hier entspricht 1 cm^3 Seifenlösung 0,26 Härtegrad, demnach 0,2 $cm^3 = \frac{0,26 \times 0.2}{1}$ = 0,052. Härte des Wassers = 5,0 + 0,05 = 5,05 Grade. Die Differenz zur nächst höheren Stelle 22,6 beträgt 22,6 — 21,0 = 1,6. In der Kolumne, in welcher 22,6 steht, entspricht 1 cm Seifenlösung 0,277 Härtegrad; demnach treffen auf 1,6 $cm^3 = \frac{1,6 \times 0,277}{1}$ = 0,4432 Grad und folglich auf 21 cm^3 Seifenlösung 5,5 — 0,44 = 5,06 deutsche Härtegrade.

Der Gesammtgehalt des unveränderten Wassers an Kalk- und Magnesiasalzen bedingt die Gesammthärte. Durch Kochen des Wassers werden von diesen Salzen die kohlensauren zum grössten Theile ausgefällt und eine erneute Untersuchung ergiebt eine Verminderung der Härte, die nun nur noch auf der Anwesenheit von Sulfaten, Nitraten und Chloriden beruht. Diese verminderte Härte bezeichnet man als die bleibende, den Unterschied beider Härten als die verschwindende Härte. Die Ermittelung der bleibenden Härte erfolgt in derselben Weise wie die der Gesammthärte.

Kapitel 39.

Bestimmung schädlicher Stoffe.

Der qualitative Nachweis von Salpetersäure, salpetriger Säure, Ammoniak, Schwefelsäure, Chlor, Schwefelwasserstoff und Kohlensäure. Die quantitative Bestimmung aller dieser Stoffe ist umständlich und muss dem Chemiker überlassen bleiben. Indessen wird es für den Techniker und Geologen oft von Wichtigkeit sein, sofort festzustellen, ob ein Wasser einen der genannten mit Ausnahme der Kohlensäure überaus schädlichen Stoffe in solchen Mengen enthält, dass es für den Genuss ungeeignet wird. Man bedient sich zu diesem Zwecke folgender Methoden:

a) Salpetersäure. Für die rasche Erkenntniss eines höheren Gehaltes an Salpetersäure hat man in der Brucinprobe ein geeignetes Mittel. Zu dem Zwecke wird 1 Theil Brucin in ca. 800 Theilen destillirten Wassers gelöst; von dieser Lösung werden 2 Tropfen zu einem durch Eindampfen von 1 cm^3 des zu untersuchenden Wassers in einem kleinem Porzellanschälchen gewonnenen kleinen Tropfen zugemischt und sodann 1—10 Tropfen Schwefelsäure zugegeben. Tritt dabei eine intensive Rosafärbung ein, so enthält das Wasser mehr Salpetersäure, als in einem guten Trinkwasser sein darf. Bleibt das Wasser farblos, so enthält es wenig oder keine Salpetersäure.

b) Salpetrige Säure. Schon geringfügige Spuren von salpetriger Säure machen Wasser zum Trinken ungeeignet. Um sie zu erkennen, fügt man zu dem Wasser eine Mischung von 1 Theil Jodkalium mit 10—12 Theilen Stärkelösung. Bei Anwesenheit auch ganz geringer Mengen der Säure tritt eine Blaufärbung der Stärke ein. Es ist indessen zu beachten, dass auch freies Clor und Brom diese Reaktion hervorrufen. Sicherer ist die Prüfung mittelst einer Lösung von schwefelsaurem Metaphenylendiamin. Die Herstellung wird bewerkstelligt, indem man 1 Theil reinen, bei 63° schmelzenden Metaphenylendiamins in 200 Theilen Wasser löst und mit verdünnter Schwefelsäure bis zu deutlich saurer Reaktion versetzt. Die Flüssigkeit muss farblos sein, widrigenfalls sie vor dem Gebrauch durch Erwärmen mit ausgeglühter Thierkohle zu entfärben ist. Zur Prüfung des zu untersuchenden Wassers säuert man ein halbes Proberöhrchen desselben mit verdünnter Schwefelsäure an und fügt schwefelsaures Metaphenylendiamin hinzu. Etwa vorhandene salpetrige Säure bedingt die Bildung eines Azofarbstoffes, Triamidoazobenzol, welcher sich durch eine gelbbraune Färbung (Bismarckbraun) verräth.

c) Ammoniak. Da Ammoniak selbst in millionenfacher Verdünnung im Trinkwasser unstatthaft ist, so ist auch darauf zu untersuchen. Man bedient sich zur Prüfung des in den Apotheken meist käuflich fertig zu erhaltenden Nessler'schen Reagens. Man erhält dasselbe, indem man 2 g Jodkalium in 5 g erwärmtem, destillirtem Wasser auflöst und sodann Quecksilberjodid so lange zusetzt, bis ein Theil desselben sich nicht mehr löst. Nach dem Erkalten verdünnt man die so erhaltene Lösung mit 20 g Wasser, filtrirt und giebt auf 20 g Lösung 30 g konzentrirte

Kalilauge bei. Die Flüssigkeit ist in einem gut verschliessbaren Gefässe mit eingeschliffenem paraffinirten Glasstöpsel aufzubewahren. — Man fügt zu dem auf Ammoniak zu untersuchenden Wasser Natronlauge zu und giesst sodann eine kleine Menge des Nessler'schen Reagens bei. Die Anwesenheit von Ammoniak erkennt man an einer etwa erfolgenden rothen oder röthlichen Färbung der Flüssigkeit.

d) Schwefelsäure. Die Anwesenheit von Schwefelsäure erkennt man daran, dass einige dem mit Salzsäure angesäuerten Wasser beigefügte Tropfen einer Lösung von Chlorbaryum eine weissliche Trübung oder einen deutlichen Niederschlag von Baryumsulfat ergeben. Gutes Trinkwasser darf nicht über $^1/_{100}$ % Schwefelsäure enthalten.

e) Chlor. Einen Chlorgehalt erkennt man an der Trübung, die in dem mit Salpetersäure angesäuerten Wasser sich nach Zufügung einiger Tropfen von Höllensteinlösung einstellt und auf der Abscheidung von Chlorsilber beruht. Trinkwasser soll nicht über 3 Theile Chlor in 100000 Theilen Wasser enthalten.

f) Schwefelwasserstoff. Die Anwesenheit freien Schwefelwasserstoffes macht sich auch in den kleinsten Mengen der für dieses Gas ausserordentlich empfindlichen Nase durch den Geruch nach faulen Eiern untrüglich bemerkbar.

g) Kohlensäure. Die Anwesenheit von Kohlensäure im Wasser, dieselbe mag halb oder ganz gebunden oder frei sein, wird an einer weisslichen Trübung desselben erkannt, welche sich einstellt, wenn man das Wasser mit einer Calciumhydratlösung versetzt. Man achte darauf, dass bei der Probeentnahme das Gefäss so weit gefüllt wird, dass es aus der darüber stehenden Luft keine nennenswerthe Kohlensäuremenge zu absorbiren vermag. — Ist die Kohlensäure ganz oder halb gebunden als kohlensaures Salz im Wasser, so braust der Rückstand der Eindampfung des Wassers beim Behandeln mit Salzsäure auf. Um freie Kohlensäure im Wasser nachzuweisen, giebt man zu demselben in einem Kölbchen einige Tropfen Rosolsäure (1%ige Lösung in verdünntem Alkohol); Eintreten einer Gelbfärbung des Wassers weist auf das Vorhandensein freier Kohlensäure hin.

C. Aufsuchung und Untersuchung technisch nutzbarer Ablagerungen.

Kapitel 40.

Die Aufsuchung von Mergellagern.

In petrographischer Beziehung versteht man unter Mergel ein Gemenge von Thon und kohlensaurem Kalk, welches die Eigenschaft besitzt, bei der Verwitterung an der Luft zu zerfallen. Als unwesentliche Beimengungen können darin noch Glimmer und Sand auftreten. In etwas anderem Sinne versteht der Landwirth unter Mergel alle diejenigen losen oder an der Luft zerfallenden Bildungen, die vermöge ihres Kalkgehaltes zur Verbesserung des Bodens geeignet erscheinen. Da nämlich einer der wichtigsten Pflanzennährstoffe, der kohlensaure Kalk, wegen seiner Löslichkeit in kohlensäurehaltigem Wasser mit der Zeit den oberen Bodenschichten entführt und in die Tiefe gefördert wird, so ist es für die Ackerkultur nöthig, den Kalkgehalt der Ackerkrume von Zeit zu Zeit zu erneuern. Zu diesem Prozesse der „Mergelung“ eignen sich also diejenigen lockeren Bildungen, deren Kalkgehalt eine gewisse Grenze nicht untersteigt, ohne dass es dabei darauf ankommt, welche Beimengungen das betreffende Gebilde enthält. Letztere dienen vielmehr nur zu einer genaueren Klassifikation der verschiedenen Arten des Mergels, so dass man danach Kalkmergel, Sandmergel, Kiesmergel, Thonmergel und Lehmmergel unterscheidet. Für die Aufsuchung von Mergellagern kommt es also einzig und allein darauf an, lose oder wenigstens an der Luft zerfallende Gesteine mit einem Kalkgehalt von mindestens 8—10 % nachzuweisen. In Folgendem sollen zunächst die in den einzelnen Formationen auftretenden Mergellager untersucht und hierauf die Art und Weise ihrer Ablagerung beschrieben werden.

Das Alluvium enthält eine ganze Anzahl von Bildungen allerverschiedensten Kalkgehaltes, die zur Ackermelioration geeignet erscheinen. Das kalkreichste derselben ist der Kalktuff oder Gehängekalk, dessen Entstehung vielfach schon zur Diluvialzeit begonnen hat und an den meisten Stellen noch heute fortdauert. Wo an Gehängen starke Quellen heraustreten, die während ihres unterirdischen Laufes Gelegenheit hatten, sich mehr oder weniger

mit kohlensaurem Kalke zu sättigen, da sind die Bedingungen für die Entstehung von Kalktufflagern gegeben. Die in raschem Laufe den Abhang hinabfliessenden Wasser verlieren bei der Berührung mit der Luft, die um so inniger ist, je schneller das Wasser fliesst und je mehr Kaskaden es bildet, einen Theil ihrer Kohlensäure und damit die Fähigkeit, den Kalk in Lösung zu behalten. Derselbe fällt vielmehr aus und setzt sich an die in dem Wasser wuchernden Pflanzen oder bei feinerer Vertheilung des Quellwassers an die auf dem überrieselten Boden wachsenden Gräser und Pflanzen, überrindet dieselben und bildet mit der Zeit durch Verschmelzung der einzelnen Inkrustationen Bänke, aus deren Oberfläche die Spitzen der inkrustirten Gewächse zum Theil weiterwachsen. So entsteht eine dünne Bank nach der anderen, bisweilen unterbrochen durch dünne Humusstreifen oder durch kalkreiche Ockerbildungen. So können allmählich von den Gehängen her ganze Thäler oder Becken mit Kalktuff von grosser Mächtigkeit ausgefüllt werden, wie letzteres vielfach im Gebiete des Thüringer Muschelkalks der Fall ist.

Die Struktur des Kalktuffs ist eine sehr wechselnde, indem er bald feste Bänke, die oft als Bausteine Verwendung finden können, bald wieder ein lockeres, leicht zerstörbares Haufwerk bildet, welches letztere in Folge dieser Eigenschaft am besten für landwirthschaftliche Meliorationszwecke geeignet ist. Die Färbung des Kalktuffs ist eine sehr mannigfaltige und schwankt zwischen hellem Grauweiss und tiefstem Schwarz mit Uebergängen zu Gelb und Braun, je nach Art und Menge der meist nur in ganz geringfügigen Massen vorhandenen organischen Substanzen oder Eisen- und Manganverbindungen. Der Gehalt in Kalktuffes an kohlensaurem Kalk beträgt meist 93—98 %, ist also als ein ganz ausserordentlich hoher zu bezeichnen.

Diejenigen Kalkmassen, die nicht als Kalktuff von den Quellen ausgeschieden werden, sondern in langsamer fliessendes Wasser hineingelangen, finden zum Theil ihr Ende auf dem Boden von Seen, wo sie theils als chemischer Niederschlag, d. h. in Gestalt von mikroskopisch kleinen Rhomboederchen zu Boden sinken, theils von thierischen und pflanzlichen Organismen aufgenommen und nach dem Absterben derselben am Grunde des Beckens abgelagert werden. Die so entstandenen kalkigen Bildungen werden in den verschiedenen Gegenden verschieden bezeichnet: Seekreide, Wiesenmergel, Wiesenkalk, Süsswasserkalk, Alm, Schneckenmergel sind die häufigsten dieser Bezeichnungen. Dieser Vorgang spielt sich nicht nur

in noch heute vorhandenen Seen ab, sondern hatte auch in der Vorzeit in zahllosen Seen Statt, welche heute durch Vertorfung als Wasserbecken völlig verschwunden und in Torfmoore verwandelt sind. Je nach der Art und der Masse der Beimengungen, die gleichzeitig mit der Kalkausscheidung auf dem Grunde des Beckens abgelagert wurden, ist die petrographische Beschaffenheit der Wiesenmergel eine verschiedene und ihr Kalkgehalt danach ein schwankender. Oft sind gleichzeitig mit dem Kalk den Becken grosse Mengen von feinem Thonschlamme zugeführt; aus der Vermischung derselben entstehen dann alle möglichen Uebergangsbildungen zwischen Wiesenkalk und Thonmergel, bei denen es häufig schwierig ist, ohne chemische Untersuchung von vornherein festzustellen, welchem von diesen zwei Gesteinen man das betreffende Gebilde zuzuweisen hat. Im Allgemeinen wird man derartige kalkig-thonige Bildungen, die also Mergel im strengsten Sinne des Wortes sind, bei überwiegendem Kalkgehalt zur Wiesenkalkgruppe, bei überwiegendem Thongehalt dagegen zur Thonmergelgruppe stellen. Oft besitzen diese Gebilde einen grossen Reichthum an Muscheln und Schneckenschalen und mehr oder weniger zerriebenen Bruchstücken derselben, so dass sie auch mit dem oben angeführten Namen Schneckenmergel, auch wohl „Muschelkalk“ bezeichnet werden. Zu diesen thierischen Beimengungen kommen solche aus dem Pflanzenreiche: abgestorbene Rhizome von Schilf und anderen Wasserpflanzen, die in dem Mergellager selbst wurzelten, eingeschwemmte Blätter und Holzstücke, die zu Boden gesunken und in dem Schlamme eingebettet sind (letztere bisweilen zur Vivianitbildung Veranlassung gebend) —; ferner Sandkörner von verschiedener Korngrösse, die theils durch das fliessende Wasser, theils durch den Wind in das Becken eingeführt sind.

Im Gegensatz zu diesem im tieferen Wasser abgelagerten Kalke stehen die meist auf die Oberfläche flacher, nur periodisch überstauter Alluvialbecken beschränkten Kalkbildungen, die man mit dem Namen Moormergel bezeichnet. Man versteht darunter ein Gemenge von Moorerde und Kalk, wobei unter Moorerde selbst wiederum ein Gemenge aus Humus mit sandigen oder thonigen Substanzen begriffen wird. Wie die Moorerde, so bildet auch der Moormergel nur dünne Schichten auf der Oberfläche grosser Flussthäler und alter, durch Versandung vollkommen ausgefüllter Seebecken, die an und für sich einen sehr niedrigen Grundwasserstand besitzen und in Folge dessen in Perioden grosser

Feuchtigkeit regelmässig flach überstaut werden. Entweder bildet der Moormergel ausgedehnte Flächen, d. h. die ganze Moorerdefläche ist mit einem Kalkgehalt durchsetzt, oder er bildet innerhalb der Moorerdefläche kleinere oder grössere Nester von meist ziemlich scharfer Begrenzung. Der Kalkgehalt des Moormergels beträgt gewöhnlich 5—25 %, doch geht derselbe bisweilen auch höher und dann finden sich, durch humusreichen Wiesenkalk hindurch, Uebergänge zu reinem Wiesenkalk. Auch tritt der letztere in Moormergelgebieten sehr häufig in Form von ganz dicht unter der Erdoberfläche liegenden, meist wenig ausgedehnten Nestern auf.

Bei den im Diluvium auftretenden Mergellagern müssen wir unterscheiden zwischen dem norddeutschen Glazialgebiete und den übrigen nicht vergletschert gewesenen Theilen Deutschlands. In letzteren sind die Mergellager im Grossen und Ganzen beschränkt auf die Kalktuffbildungen, die in gleicher Weise entstanden sind, wie die des Alluviums, und auf den Löss. Erstere spielen vor allem in den kalkreichen Triasgebieten eine wichtige Rolle. Oft erlangen sie eine solche Festigkeit, dass sie als Bausteine gebraucht werden können, doch kommen auch dann fast immer noch weiche Zwischenlagen vor, die vielfach als Meliorationsmittel ausgehalten werden.

Im Gebiete des norddeutschen Diluviums findet sich eine grosse Mannigfaltigkeit von Mergeln, da das gesammte von dem skandinavischen Inlandeise nach Deutschland transportirte Material aus dem säkularen Verwitterungsschutte eines Gebietes besteht, in welchem kristalline und kalkige Gesteine in der Oberflächenverbreitung einander ziemlich die Waage halten dürften. Da nun ausserdem noch ungeheure Massen von Material aus dem baltischen Kreidegebiete in die Grundmoräne jenes Inlandeises aufgenommen sind, so kommt es, dass alle glazialen Bildungen des Diluviums von vornherein kalkhaltig waren. Dieser Kalkgehalt aber war in den verschiedenen Bildungen ein sehr verschiedener und zwar lässt sich im Allgemeinen als Regel aufstellen, dass derselbe in den mittelkörnigen Sanden am geringsten, in den Mergelsanden und Thonmergeln am höchsten ist, während die eigentliche Grundmoräne eine Mittelstellung einnimmt. Dasselbe Verhältniss findet sich auch innerhalb der nach der Korngrösse getrennten Bestandtheile der Grundmoräne selbst, indem auch bei ihnen der Kalkgehalt im Sande am kleinsten, im Thone am grössten ist.

Dieser ursprünglich in sämmtlichen Schichten vorhandene Kalkgehalt hat seit der Ablagerung derselben eine bedeutende Verände-

rung erfahren, indem er von der Oberfläche her bis zu wechselnder Tiefe durch die Atmosphärilien in Lösung übergeführt und entweder in grösseren Tiefen wieder abgesetzt oder von den Wassern entführt ist. Diese Entkalkung, durch welche der Geschiebemergel in Lehm, der Thonmergel in Thon und der Mergelsand in Schluffsand verwandelt wurde, ist in den verschiedenen Gebieten des norddeutschen Diluviums eine sehr verschiedene: während sie in manchen Theilen des baltischen Höhenrückens und des Küstenlandes 4—5 m beträgt, sinkt dieser Werth in anderen Gebieten auf 1—2 m und in noch anderen, wie z. B. Theilen Ostpreussens und der Uckermark, auf weniger als ½ m. Für die Aufsuchung von Mergellagern in Norddeutschland ist dieser Umstand natürlich von höchster Bedeutung.

Neben den eigentlichen Glazialbildungen enthält das Diluvium noch sehr zerstreut andere kalkreiche Bildungen, die entweder altdiluvial, d. h. in der Zeit vor dem Herannahen der ersten Vergletscherung, oder interglazial, d. h. in der Zeit zwischen zwei Vergletscherungen zum Absatz gelangt sind. Unter diesen, meist in ebenen Gebieten abgelagerten Gebilden finden sich Mergel von ganz vorzüglicher Beschaffenheit, nämlich die diluvialen Süsswasserkalke, die vor allen Dingen in der Provinz Hannover und in der Mark Brandenburg eine ökonomisch wichtige Rolle spielen, wozu sie durch ihren hohen Kalkgehalt, ihr lockeres Gefüge und ihre meist bedeutende Mächtigkeit geeignet sind.

Mittel- und Süddeutschland hat mit den westlichen Theilen des norddeutschen Diluvialgebietes und mit Oberschlesien ein Gebilde gemeinsam, welches sich gleichfalls vorzüglich zur Mergelung eignet: den Löss. Er besitzt meist nur eine gering mächtige Verwitterungsrinde, hat einen Kalkgehalt bis zu 25 % und zerfällt, da er nur sehr wenig plastischen Thon enthält, an der Luft sehr leicht.

Auch in der Tertiärformation finden sich in fast allen in Deutschland vertretenen Gliedern einzelne Ablagerungen, die zu Mergelungszwecken geeignet sind und dazu Verwendung finden, wenn sie auch nie die Bedeutung der Quartärmergel erlangen können. Das wird schon durch den Umstand verhindert, dass die Tertiärschichten in den weitaus meisten Gebieten unter jüngeren Ablagerungen verborgen sind und in Folge dessen schon die Menge des Abraumes eine Ausgewinnung unmöglich macht. Am ärmsten an Mergellagern ist das Miozän, da dasselbe im grössten Theile Deutsch-

lands nur aus Bildungen der Braunkohlenformation besteht, welche vollkommen frei von kohlensaurem Kalk sind. Auch das marine Miozän Holsteins enthält keine Mergellager, und das einzige vielleicht hierher gehörige Gebilde findet sich bei Gühlitz in der Priegnitz.

Anders schon ist es im Oberoligozän, welches in Deutschland fast nur aus marinen Bildungen besteht. Es enthält vorzügliche Mergellager in der Altmark bei Wiepke und im nordwestlichen Deutschland in der Gegend zwischen Hildesheim und Osnabrück. Alle diese Mergellager sind ausser durch ihren Kalkgehalt noch durch einen hohen Glaukonitgehalt ausgezeichnet, dem sie ihre grünliche Färbung verdanken. Der Umstand, dass sie durch dieses Mineral eine Menge von Kali enthalten, welches in ziemlich leicht löslicher, für die Pflanzenernährung geeigneter Form auftritt, macht sie für Meliorationszwecke ganz besonders werthvoll. Oberoligozänen Alters sind ferner die weitverbreiteten Cyrenenmergel im Gebiete des rheinischen Tertiärs.

In vielen Gebieten besitzt das über weite Flächen verbreitete Gebilde des Mitteloligozäns, der Septarienthon, einen derartigen Kalkgehalt (20—29 %), dass er zu Mergelungszwecken verwendet wird; nur steht dabei der Umstand etwas hindernd im Wege, dass dieses Gestein in Folge seines hohen Gehalts an plastischem Thon nicht sehr leicht zerfällt und erst durch mehrfaches Durchfrierenlassen gelockert werden muss.

Das Unteroligozän besteht wieder zum grossen Theil aus einer kalkfreien Braunkohlenformation und nur das Petroleum führende brackische Oligozän des Elsass enthält graue Mergel.

Kreide. Ausserordentlich reich an Mergellagern der verschiedensten Art ist die Kreideformation und in dieser wiederum die obere Abtheilung, das Cenoman, Turon und Senon. In der unteren Kreide spielen glaukonitische Wealdenmergel in der Gegend von Lingen und die im nordwestlichen Deutschland verbreiteten Flammenmergel an der oberen Grenze des Gault die wichtigste Rolle, während im Cenoman, Turon und Senon die Mergellager so zunehmen, dass fast überall, wo diese Formation auftritt, sie auch bauwürdige Mergel enthält. Diese Mergel der Kreide sind entweder etwas thonig, von grauer oder durch Glaukonit grünlicher Farbe (letztere Glaukonitmergel genannt) oder feinerdig, von rein weisser Farbe und dann als Kreidemergel bezeichnet. Zu den verbreitetsten Arten von Kreidemergel

gehören die Pläuermergel und die grauen, von dunkleren Adern durchzogenen Flammenmergel, sowie schliesslich als Endglied der Reihe die aus reinem kohlensaurem Kalke bestehende weisse Schreibkreide Norddeutschlands.

Jura. Auch die Juraformation enthält zahlreiche Mergellager. Im weissen Jura sind es vor allen Dingen die Münder Mergel im Purbeck, einzelne Mergelbänke im Kimmeridge und Portland des nordwestlichen Deutschland, sowie der hellgraue Kalkmergel des unteren weissen Jura in Schwaben. Der braune Jura ist nirgends reich an Mergelbänken und enthält nur vereinzelte, dünnere Mergellager, die mit Schieferthonen und zähen, fetten Thonen wechsellagern. Dagegen enthält der Lias wieder viele brauchbare Mergel. So werden im nordwestlichen Deutschland die Thonschiefer des oberen Lias in der Nähe der Stinkkalkbänke zu brauchbaren Mergellagern, in denen zahllose Gruben angelegt sind. Auch der mittlere Lias enthält zwischen Wesergebirge und Teutoburger Wald sehr kalkreiche, schwarze, plattige Thonschiefer, die einen hohen Schwefelkiesgehalt besitzen. Auch der süddeutsche obere Lias enthält in den Jurensismergeln brauchbare Mergellager[1]).

Trias. In der oberen Abtheilung der Trias, dem Keuper, ist es vor allen Dingen die mittlere Abtheilung, die fast überall, wo sie auftritt, aus rothen und grünen, oft dolomitischen, meist Gyps führenden Mergeln besteht. Auch im Muschelkalk sind brauchbare Mergel vorzugsweise in der mittleren Abtheilung häufig, und nur hier und da werden die Nodosenbänke des oberen Muschelkalkes so thonig, dass sie als Mergel Verwendung finden können. In der unteren Trias, im bunten Sandstein, ist die untere und mittlere Abtheilung ziemlich frei von Mergellagern und gehört im Gegentheil fast überall zu den besonders mergelbedürftigen Gesteinen; nur die obere Abtheilung, das Röth, enthält in ihrem oberen Theile, in den Uebergangsbildungen zum unteren Muschelkalke, vereinzelte Kalk- und reichlichere Gypsbänke.

Mit der unteren Grenze der mesozoischen Schichtengruppe sind wir auch am Ende der mergelreichen Formationen angelangt, da die paläozoische Schichtenfolge an denselben ausserordentlich

[1]) A. Denckmann, Ueber das Vorkommen von Mergel in den mesozoischen Schichten einiger Gegenden Nordwest- und Mitteldeutschlands. Zeitschrift f. prakt. Geol. 1893, S. 112.

arm ist. Im deutschen Silur fehlen Mergellager vollständig, ebenso im unteren Devon. Im mittleren Devon sind die Schichten mit Calceola sandalina in der Eifel, im oberen Devon die grünlichgrauen Mergelschiefer (Goniatitenschiefer) und die Cuboidesmergel des Eifelgebietes als Mergellager brauchbar.

In der Kulm- und Steinkohlenformation und im Rothliegenden fehlen sie vollständig, während der Zechstein wieder sowohl in seiner oberen wie mittleren und unteren Abtheilung in vielen Gegenden, beispielsweise in der Wetterau, im Spessart und in Thüringen, mergelige Schieferletten und echte Kalkmergel enthält.

Die archäische Formationsgruppe enthält überhaupt keine Mergellager.

Die nachfolgende Zusammenstellung (S. 310—313) giebt in tabellarischer Form eine Uebersicht über die Vertheilung der Mergelvorkommnisse der einzelnen Formationen auf die verschiedenen Landschaften des Deutschen Reiches.

Bei der Aufsuchung von Mergellagern muss man als wichtigsten Gesichtspunkt festhalten, dass die Verwendung dieses Gesteins jede kostspielige Gewinnungsmethode ausschliesst. Ablagerungen also, die nur bergmännisch ausgebeutet werden können oder deren Gewinnung im Tagebau entweder in Folge zu grossen Abraumes, oder wegen ungünstiger Lagerungsverhältnisse, oder wegen grosser zudringender Wassermassen mit erheblichen Unkosten verknüpft sein würde, sind von vornherein ausgeschlossen. Es ergiebt sich daraus ganz von selbst, dass nur die unmittelbar an der Tagesoberfläche liegenden oder nur von unbedeutendem Abraum überlagerten Schichten als abbauwürdige Mergellager in Betracht kommen können. Wird dem Geologen die Aufgabe gestellt, in einem ihm bisher unbekannten Gebiete der Landwirthschaft brauchbare Mergellager zu erschliessen, so wird er in erster Linie danach zu trachten haben, über die geologischen Verhältnisse desselben einigermassen zur Klarheit zu gelangen. Es giebt heutzutage in unserem Vaterlande wohl kein grösseres Gebiet mehr, welches geognostisch so wenig durchforscht wäre, dass man seine Verhältnisse, wenigstens in den gröberen Zügen, nicht leidlich kennte, und ebenso sind auch die bis jetzt existirenden geologischen Karten ausreichend, um den Beobachter von vornherein in den Stand zu setzen, sich ein allgemeines Bild der in einer Gegend auftretenden geologischen Formationen zu machen. Mit ihrer Hülfe wird es dem Geologen leicht werden, zunächst einmal festzustellen, welche

Vorkommen von Mergel in Deutschland.

Gegend	Paläozoicum	Trias	Jura	Kreide	Tertiär	Quartär
Nordöstliches Deutschland (Ost- und Westpreussen, Posen, Hinterpommern)	—	—	—	Kreidemergel des Turon und Senon.	Septarienthon.	—
Vorpommern und Mecklenburg	—	—	—	Cenomane, turone und senone Kreidemergel.	Septarienthon.	Oberer und unterer Geschiebemergel.
Schleswig-Holstein	Rothe Mergel von Lieth.	—	—	Senone Kreidemergel.	Septarienthon.	Thonmergel und Mergelsand des oberen und unteren Diluvium.
Mark Brandenburg	—	Mittlerer Muschelkalk von Rüdersdorf.	—	Senone Kreidemergel der Uckermark.	Septarienthon. Miocän von Gülitz.	Süsswasserkalk.
Schlesien	—	Mittlerer Muschelkalk. Oberer Keuper.	Schichten des Ammonites macrocephalus und cordatus.	Bakulitenmergel von Friedeck. Turonmergel von Oppeln. Mergel mit Amm. rhotomagensis. Mergel mit Belemn. mucronata.	—	Kalktuff, Wiesenkalk, Wiesenmergel, Moormergel des Alluvium.
Königreich Sachsen	Oberer Zechstein.	—	—	Plänermergel.	—	Löss. Geschiebemergel. Süsswassermergel. Kalktuff und Süsswasserkalk (Wiesenkalk) des Alluvium.

Provinz Sachsen (östl. Theil)	—	Mittlerer Muschelkalk. Mittlerer Keuper.	Posidonienschiefer.	Hilsmergel. Emscher Mergel. Senonmergel.	Septarienthon. Oberolig. Glaukonitmergel von Wiepke. Kalkmergel der Priegnitz.	Geschiebemergel. Löss. Mergelsand. Wiesenkalk. Moormergel.
Thüringen	Letten des unteren und oberen Zechsteins.	Oberster Röth. Unterster Wellenkalk. Mittlerer Muschelkalk. Nodosenschichten. Mittlerer Keuper.	—	—	—	Löss. Kalktuff.
Südl. Hannover mit Braunschweig u. Lippe	—	Röthmergel. Mittlerer Muschelkalk. Mittlerer Keuper.	Mittlerer Lias zwischen Wesergebirge und Teutoburger Wald. Posidonienschiefer Münder Mergel des Deistergebirges.	Glaukonitmergel des Gault. Cenomanschichten mit Turrilitis costatus. Fast sämmtliche Schichten des Senon.	—	Löss. Geschiebemergel. Kalktuff.
Nördl. Hannover und Oldenburg	—	—	—	Wealdenmergel. Hilsmergel. Gaultmergel. Plänermergel. Senone Kreide.	Thonmergel bei Lingen. Oberoligozäne Glaukonitmergel.	Thonmergel, Geschiebemergel, Süsswasserkalk } des Diluvium. Wiesenkalk, Moormergel } des Alluvium.
Westfalen	—	Mittlerer Muschelkalk. Unterer und mittlerer Keuper.	Wie in Südhannover.	Plänermergel.	Oberoligozäne Glaukonitmergel.	Kalktuff.

Vorkommen von Mergel in Deutschland.

Gegend	Paläozoicum	Trias	Jura	Kreide	Tertiär	Quartär
Rheinprovinz	Schichten der Calceola sandalina im Mitteldevon; Goniatitenschiefer und Cuboidesmergel im Oberdevon der Eifel.	Graue Mergelschiefer des unteren Muschelkalkes. Mergel des unteren und mittleren Keupers.	—	—	—	Löss. Kalktuff.
Hessisches Bergland	Letten des mittleren und oberen Zechsteins.	Rothe Mergel im oberen Röth. Mittlerer Muschelkalk. Nodosenschichten. Mittlerer Keuper.	—	—	—	Löss.
Pfalz und Grossherzogth. Hessen	—	Mittlerer Muschelkalk.	—	—	Cyrenenmergel des Mainzer Beckens.	Löss.
Elsass-Lothringen	—	Mittlerer Keuper.	Numismalis- und Margaritatusmergel des mittleren Lias. Posidonienmergel. Torulosus-, Sowerbyi-, Giganteus- und Blagdenimergel des Dogger.	—	Cyrenenmergel.	Löss.
Baden	—	Unterer und mittlerer Muschelkalk. Mittlerer Keuper.	Numismalismergel des Lias. Variansmergel des Dogger.	—	Molassemergel und Süsswasserkalke.	Löss.

Württemberg	—	Mergelschiefer des Wellenkalkes. Mittlerer Muschelkalk. Gypsmergel des unteren Keupers. Bunter Mergel des mittleren Keupers. Zanclodonmergel des oberen Keupers.	Einzelne Mergelbänke in fast allen Horizonten des Lias. Brauner Jura: unterster α, γ. Weisser Jura: unterster α, einzelne Bänke von γ u. δ, unterster ζ.	—	Einzelne Bänke der Meeresmolasse. Steinheimer Süsswasserkalk. Untere Süsswassermolasse.	**Löss. Süsswasserkalk. Kalktuff.**
Nordbayern	—	Mittlerer Muschelkalk. Unterer Gypskeuper. Mittlerer Keuper.	Amaltheen- und Costatenschichten des mittleren Lias. Radiansmergel des oberen Lias. Opalinusmergel u. Ornatenthone des Dogger. Mergellager im unteren weissen Jura.	Einzelne Mergelbänke im Turon und Senon.	—	**Löss. Süsswasserkalk. Kalktuff.**
Südbayern	—	Raibler Schichten. Mergel der Zone der Avicula contorta.	Graue Mergelschiefer des Lias im Allgäu. Aptychenschichten des Malm.	Neokommergel. Gaultmergel. Senonmergel. Mucronatenmergel der oberen Kreide.	Mergelschiefer des Flysch. Molassenmergel von Peissenberg und Miesbach. Obere Süsswassermolasse.	**Löss. Kalktuff. Seekreide.**

Formationen in dem seiner Untersuchung zugetheilten Gebiete auftreten, und welches im Allgemeinen ihre räumliche Ausbreitung ist. Man wird nun von vornherein darauf verzichten, diejenigen Formationen, die als sehr arm oder ganz frei von Mergellagern bekannt sind, näher zu untersuchen (Kambrium, Silur, Karbon, Buntsandstein) und sich auf diejenigen zu Tage tretenden Gebirgsglieder beschränken, in denen die Möglichkeit oder Wahrscheinlichkeit der Mergelführung angenommen werden kann. Da die Mehrzahl der Formationen eine Gliederung besitzt, die mit ziemlicher Gleichmässigkeit über grössere Flächenräume hinweg verfolgt worden ist, so wird es in sehr zahlreichen Fällen sogar von vornherein sich genau feststellen lassen, auf welche Horizonte man besonders zu achten hat. Befindet man sich beispielsweise in einem Gebiete, welches hauptsächlich von den Gebilden der Trias eingenommen ist, deren einzelne Glieder horizontal übereinanderliegen und von ausgedehnten Thalzügen durchfurcht sind, so wird man die Sandsteingebiete der unteren Trias von vornherein ausschliessen und zunächst diejenigen Thalgehänge untersuchen, an denen die Grenzbildungen zwischen den hellen Kalkbänken des unteren Muschelkalkes und den rothgefärbten Schichten des obersten Röth auftreten. Ein zweites Mergelniveau wird man sodann anzutreffen erwarten können in den weichen Bänken über dem Wellenkalk, ein drittes, noch höheres, in den Nodosenkalken des oberen Muschelkalkes und endlich ein viertes in den jüngsten Triasbildungen, in den gypsreichen bunten Mergeln des mittleren Keupers. Wir sind also darnach in der Lage, die Aufsuchungsarbeit auf ganz bestimmte Höhenlagen der Thalränder oder der Hochflächen einzuschränken, und können weite dazwischen liegende Gebiete gänzlich unberücksichtigt lassen, und genau so wie bei der Trias verhält es sich auch bei der Mehrzahl der anderen Formationen.

Bei der Aufsuchung dieser einzelnen mergelführenden Horizonte hat man sich derselben Methode zu bedienen, wie sie in den Kapiteln über die Aufnahme geologischer Karten angegeben sind, d. h. man wird in erster Linie künstliche und natürliche Aufschlüsse, Steinbrüche, Gruben, Steilränder von Thälern und Wasserrissen untersuchen und so feststellen, ob in den bezüglichen mergelführenden Horizonten abbauwürdige Lager auftreten. Die physikalische Beschaffenheit der in den älteren Gebirgsgliedern eingeschlossenen Mergellager bietet in sehr vielen Fällen eine äusserst bequeme Handhabe zur Erkennung dieser Lager. Die Eigenschaft des Mergels

nämlich, beim Liegen an der Luft zu verwittern und in kleine Bröckchen zu zerfallen, macht sich selbstverständlich auch da geltend, wo er an natürlicher Lagerstätte auftritt, und so kommt es, dass die Mergellager in vielen Fällen der Verwitterung weit mehr zugänglich sind, als die drüber und drunter lagernden härteren Gebirgsschichten; in Folge dessen bilden die Flächen, an denen Mergellager zu Tage ausstreichen, oft ganz flache Ebenen oder nur ein schwach wellig bewegtes Gelände, welches nach oben und unten von mehr oder weniger scharf abgesetzten Terrassen begrenzt wird, deren Entstehung auf dem erwähnten Unterschiede in der Verwitterbarkeit zwischen den Mergeln und den sie einschliessenden Sandsteinen oder Kalksteinen beruht. Ganz besonders tritt diese Eigenschaft bei den oft ziemlich mächtigen Mergeln des mittleren Muschelkalkes zu Tage, deren nächste Ueberlagerung, der Trochitenkalk, gewöhnlich ein mehr oder weniger zusammenhängendes Klippenband in den flach geneigten Feldern bildet, während der ihn unterlagernde Wellenkalk auch seinerseits schärfere Terrainformen liefert. Andererseits macht freilich das Auftreten der Mergellager in derartigen Ebenen oder gar in flachen Mulden die Entstehung natürlicher Aufschlüsse zu den Seltenheiten, und da ferner eine, durch ungemessene Zeiträume hindurch fortwirkende Verwitterung die Oberfläche der Mergellager nicht nur entkalkt, sondern auch durch Oxydation und andere Vorgänge verändert hat, so ist der Geologe gezwungen, bei der Untersuchung derartiger Terrains sich des Bohrers als Hülfsmittel zu bedienen. Am zweckmässigsten ist dazu der bereits früher beschriebene dünne Löffelbohrer, dessen Länge 2 m nicht zu überschreiten braucht. Die Bohrungen selbst setzt man zweckmässig nicht auf dem Grunde der das Gelände durchziehenden, flachen Depressionen an, da dieselben oft in ziemlicher Mächtigkeit von Abschlämmmassen erfüllt sind, sondern man wählt dazu die Gehänge, an denen im Gegentheil die entstandenen Verwitterungsbildungen durch die Atmosphärilien zum grossen Theil wieder entfernt und in die Tiefe geführt sind. Zur Prüfung der Bohrresultate bedient man sich der unter den Hülfsmitteln des Feldgeologen angeführten Tropfflasche mit verdünnter Salzsäure, und versucht gleich an Ort und Stelle durch Vergleich der Heftigkeit des Aufbrausens diejenigen Punkte zu ermitteln, an denen voraussichtlich der Kalkgehalt am grössten ist.

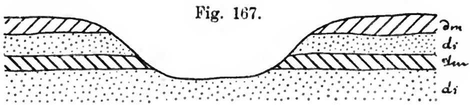
Da die Mergellager in den daran reichen Formationen nur selten zwischen ganz kalkfreien Bildungen gelagert sind, so ist das

Hülfsmittel, welches die Vegetation bei der Aufsuchung und Abgrenzung von Kalklagern bietet, die innerhalb kalkfreier Gebirgsglieder auftreten, nicht von Bedeutung. Um so grösser ist dagegen ihre Wichtigkeit bei den Mergellagern innerhalb der Gebiete der Quartärformation, also des weitaus grössten Theils des nördlichen Deutschland, und in den Lössgebieten Mittel- und Süddeutschlands.

Wesentlich anders gestaltet sich die Aufgabe des Geologen, wenn er in diesem Gebiet, also in den Glazialbildungen des nordeuropäischen Inlandeises oder in noch jüngeren Bildungen Mergellager aufsuchen soll.

Man geht hierbei von der weiter oben näher begründeten Erfahrung aus, dass alle thonigen Glazialgebilde des Gebietes der nordeuropäischen Vergletscherung, namentlich aber Norddeutschlands, bei ihrer Ablagerung einen gewissen Kalkgehalt besessen und denselben nur oberflächlich durch Auslaugung verloren haben. Unter Benützung dieser Erfahrung untersucht man alle diejenigen Flächen, in denen thonige Bildungen zu Tage gehen. Das kann in zweierlei Weise geschehen: dieselben können entweder als Decke in grösseren oder kleineren Flächen die oberste Schicht des Bodens bilden, oder sie können als schmale Bänder an den Gehängen von Thälern auftreten. Einer der in Norddeutschland häufigsten Fälle ist in der Figur 167 dargestellt; zwei übereinanderlagernde Mergel-

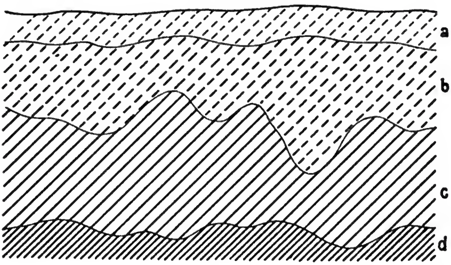
Fig. 167.



schichten (*∂m* und *dm*) sind durch eine Sandschicht getrennt; in die Platte ist ein Thal eingeschnitten und die obere Bank tritt als Oberflächendecke auf, während die untere nur als schmales Band am Gehänge beiderseits des Thales verfolgt werden kann. Wo Geschiebemergeldecken von nennenswerther Grösse an der Oberfläche auftreten, da wird der Landwirth meist über ihre Ausdehnung unterrichtet sein, da dieselben in Norddeutschland immer den besseren, werthvolleren lehmigen Boden bilden; dass aber in diesem Lehmboden der viel begehrte Mergel steckt, ist ihm in den meisten Fällen unbekannt. Hat man — was gewöhnlich sehr leicht ist — festgestellt, dass grössere Geschiebemergelplatten auftreten, so ist es zunächst von

Wichtigkeit, zu ermitteln, bis zu welcher Tiefe dieselben durch die Verwitterung entkalkt und in Lehm verwandelt sind. Zu diesem Zwecke sucht man die in der Umgebung jedes in solchen Gebieten liegenden Dorfes oder Gutes vorhandenen Lehmgruben auf und ermittelt in denselben die mittlere Stärke der Verwitterung. Man wird in den senkrechten Wänden einer solchen Grube gewöhnlich drei oder vier Schichten über einander (Fig. 168) sehen: zu oberst liegt ein lehmiger Sand (*a*), der im obersten Theil durch die Einwirkungen des Düngers und durch die Vegetation etwas dunkler gefärbt ist. Darunter folgt ein gewöhnlich rostfarbener, röthlicher oder bräunlicher Lehm (*b*) und erst unter diesem folgt der unverwitterte Mergel (*c*), der in seinen oberen Theilen gewöhnlich gelblich gefärbt ist, bei grosser Mächtigkeit aber nach der Tiefe zu eine dunkel graublaue Farbe (*d*) annimmt. Die Grenze zwischen dem Lehm und dem Mergel ist

Fig. 168.



durch den Färbungsunterschied gewöhnlich so scharf bezeichnet, dass man sie, zumal wenn die entblösste Wand trocken ist, auf der Stelle erkennen kann. Wie die Abbildung zeigt, ist die Grenze beider Bildungen keine ebene Fläche, sondern ganz unregelmässig wellig und namentlich greift der Lehm oft zapfenförmig tief in den unterlagernden Mergel hinein. Es muss also aus dem Bilde, welches solche Entblössungen zeigen, die mittlere Mächtigkeit der Verwitterungsrinde festgestellt werden.

Sind keine Lehm- oder früheren Mergelgruben vorhanden und kann man auch in anderen künstlichen oder natürlichen Aufschlüssen, Hohlwegen, Wasserrissen, Weg- oder Eisenbahneinschnitten keinen Einblick in die Verwitterungsstärke des Mergels gewinnen, so bleibt

nichts anderes übrig, als eine systematische Abbohrung der Lehmflächen. Man bedient sich dabei zweckmässig der S. 3—6 abgebildeten und beschriebenen Bohrer. Ist das Terrain ganz eben, so fordert die Wahl der Bohrpunkte keine besondere Beachtung; man kann dann das ganze Gebiet in gleichmässigen Abständen von mehreren Hundert Metern abbohren. Ist das Gelände aber wellig bewegt oder besitzt es den ganz unregelmässig hügeligen Charakter der Moränenlandschaft, so muss man es vermeiden, in den Einsenkungen zwischen den einzelnen Terrainfalten zu bohren, da in denselben von den Gehängen her durch Regen und Schneewasser so viele feinkörnige, humose Massen zusammengeschwemmt sind, dass man hier meist gar keinen Mergel finden oder wenigstens zu ganz falschen Vorstellungen über seine Mächtigkeit gelangen würde. In solchem Gebiete bohrt man vielmehr, um Mittelwerthe zu erhalten, in der mittleren Höhe der Gehänge; an ihrem oberen Rande trifft man den Mergel meist in ganz geringer Tiefe an, da hier durch das Wasser die Verwitterungsbildungen zum grossen Theile fortgeschafft sind.

Es wird in sehr vielen Fällen nicht möglich sein, mit Bohrungen auf 2 m Tiefe auszukommen, da es nicht allein darauf ankommt, die Anwesenheit des Mergels unter dem Lehme nachzuweisen, sondern auch ein Mindestmass von Mächtigkeit desselben, welches um so höher sein muss, je stärker die Verwitterungsdecke und je geringer der Kalkgehalt des Mergels ist. Man hilft sich dann in der Weise, dass man entweder einen dem 2 m-Bohrer gleich konstruirten Bohrer von 3 m Länge anwendet, oder dass man an den Stellen, an denen man tiefer bohren möchte, durch einen Mann ein Loch von 1½—2 m Tiefe und so grossem Querschnitt ausheben lässt, dass man auf dem Grunde desselben gerade noch bohren kann. Man kann auf diese Weise die Untersuchung leicht auf eine Tiefe von 4—5 m ausdehnen.

Oft bildet der Geschiebemergel nicht direkt mit seinen Verwitterungsbildungen die Oberfläche, sondern wird von einer Decke sogen. Geschiebesandes verhüllt. In den meisten Gebieten hat diese keine sehr grosse Mächtigkeit, sondern schwankt zwischen ½ und 2½ m. Auch in solchen Fällen ist dem Besitzer des Bodens der Lehmuntergrund oft nicht bekannt und man ist dann natürlich auf Bohrungen angewiesen. Man kann auf einen in geringer Tiefe unter dem Sande folgenden undurchlässigen Untergrund schliessen, wenn flach eingesenkte, mit Wasser oder Torf

erfüllte Becken vorhanden sind, oder wenn auf dem steril aussehenden Boden Ackerbrombeeren wachsen.

Der Kalkgehalt des Geschiebemergels schwankt zwischen 5 und 15% und beträgt in der grossen Mehrzahl der Fälle 9—12%. Dieser verhältnissmässig geringe Kalkgehalt schliesst natürlich von vornherein alle irgendwie kostspieligen Gewinnungsmethoden, namentlich also die Werbung unter grossem Abraume, vollkommen aus. Man kann rechnen, dass der Mergel dann gewinnbar ist, wenn seine Mächtigkeit mindestens doppelt so gross ist, wie der Abraum, wenn man also auf 1 cbm Abraum 2 cbm Mergel gewinnen kann. Steigt der Kalkgehalt, was ausnahmsweise vorkommt, auf 15—20%, so kann sich dies Verhältniss ein wenig verändern; Mergel mit weniger als 6% lohnen wohl nie die Gewinnung. Ein Mergel von 10% gestattet eine Verwendung bis auf etwa 1 km um die Gewinnungsstelle herum; wenn man weiter mergeln will, muss man entweder neue Mergelgruben anlegen oder, wenn das ausgeschlossen ist, mit gemahlenem Kalke mergeln. Die gemachten Angaben sind natürlich abhängig von vielen Faktoren, der Höhe der Löhne, der Beschaffenheit der Wege u. a. und müssen deshalb für die einzelnen Fälle geprüft werden.

Wenn keine Platten von Geschiebemergel vorkommen, oder wenn dieselben aus den eben angegebenen Gründen die Gewinnung nicht lohnen, so thut man gut, etwa vorhandene Thalgehänge in den Kreis der Untersuchung zu ziehen. In vielen Fällen hat man an denselben das Zutagetreten thoniger und demnach auch kalkhaltiger älterer Diluvialbildungen zu erwarten. Sind die Gehänge beackert, so sieht man oft schon von Weitem an der Farbe oder der üppigeren Vegetation die ausstreichenden Thon- oder Geschiebemergelbänke; bisweilen bilden sie in Folge ihres grösseren Widerstandes gegen die Abtragung deutlich sichtbare Stufen im Gehänge und verrathen sich dadurch. Schwieriger wird die Sache schon, wenn, wie es häufig der Fall ist, die Gehänge bewaldet sind. Im Kiefernwalde markirt sich das Ausstreichen von Mergelbänken gewöhnlich durch eine üppige Grasvegetation an Stelle des sonst herrschenden Moosteppichs. Im Laubwalde dagegen bleibt kaum etwas anderes übrig, als an einer Anzahl von Stellen das Gehänge systematisch von oben bis unten abzubohren und die Punkte, an denen thonige Bildungen getroffen wurden, genauer zu untersuchen. Uebrigens verräth sich an solchen Gehängen, die aus abwechselnden sandigen und thonigen Bildungen aufgebaut sind, die Grenze

zwischen beiden sehr häufig durch das Auftreten von Quellen oder wenigstens von sumpfigen oder feuchten Stellen; die durch den Sand in die Tiefe wandernden Niederschläge sammeln sich auf der schwer durchlässigen Schicht an und treten da, wo dieselbe zu Tage ausstreicht, wieder als Quellen zu Tage. Sie sind es natürlich auch, die die üppige Vegetation erzeugen, unter der namentlich Tussilago Farfara und Petasites officinalis, beide an ihren grossen Blättern kenntlich, hervorzuheben wären. Oft sind solche Gehänge von Wasserrissen durchfurcht, in denen man, zumal nach starken Regengüssen, häufig durch blosses Begehen einen Einblick in den gesammten Aufbau des Gehänges und in die Mächtigkeit der einzelnen daran betheiligten Bildungen gewinnen kann. Die Arbeiten für die Prüfung der Abbaufähigkeit der etwa gefundenen Lager decken sich natürlich mit denjenigen, die oben für den in Decken auftretenden Geschiebemergel angegeben sind.

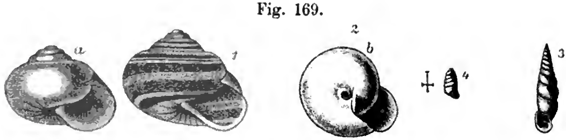
Für die Aufsuchung der diluvialen Süsswasserkalklager lassen sich keine Regeln geben, da sie in den meisten Fällen von sandigen Massen in grosser Mächtigkeit bedeckt sind; doch achte man auf zweierlei: erstens treten diese hoch geschätzten Mergel in Becken auf, deren gewöhnlich eine kleine Anzahl auf verhältnissmässig engem Raum bei einander liegen. Wo also durch Zufall, wie es meist geschieht, einmal ein solches Kalkbecken gefunden ist, kann man in der Umgebung desselben noch mehr erwarten und mag die Umgebung systematisch auf 4—5 m Tiefe untersuchen; und zweitens beachte man in solchen Fällen, dass solche unterirdischen Becken sich gewöhnlich auch an der Oberfläche noch durch eine schwache Mulde verrathen, die vielleicht durch nachträgliches Zusammensinken der Beckenausfüllung (Kalk und oft, mit ihm zusammen vorkommend, Torf und Diatomeenerde) entstanden ist.

In Mittel- und Süddeutschland, in Norddeutschland im Vorlande des Harzes, hat der Löss eine bedeutende Verbreitung. Sein bis 25% betragender Kalkgehalt und die staubförmige Beschaffenheit der Mehrheit der ihn bildenden Körner, die im feuchten Zustande sein leichtes Zerfallen bewirken, machen ihn zu einem sehr brauchbaren Mergel. Seine Verbreitung erkennt man an dem dunklen, humusreichen Boden, den er bildet, an dem gänzlichen Fehlen von Steinen und an der äusserst charakteristischen Steilheit der Wände der in ihm eingeschnittenen Hohlwege und Wasserrisse. Seine Hauptverbreitung hat er in den höher gelegenen Theilen

der Thäler und an ihren Flanken; doch bildet er auch vielfach ausgedehnte Platten gleich dem Geschiebemergel. Bei der Untersuchung des Lösses hat man, genau wie beim Geschiebemergel, auf das Verhältniss der Stärke der Verwitterungsrinde zu der des kalkhaltigen Gesteins zu achten, nur dass hier in Folge höheren Kalkgehaltes das Verhältniss etwas günstiger ist.

Völlig abweichend sind die Umstände, auf die man bei Aufsuchung der wegen ihres Kalkreichthums sehr wichtigen alluvialen Kalklager zu achten hat. Hier ist die Möglichkeit des Auftretens auf die Thäler und ihre Ränder sowie auf jetzige und ehemalige Seebecken beschränkt. An den Gehängen lagert der Kalktuff; ihn verrathen starke Quellen, die am Gehänge entspringen und oft zur Anlage von Fischteichen Veranlassung gegeben haben. Sehr häufig deckt ihn üppiger Laubwald, in welchem kalkanzeigende Orchideen und andere Pflanzen auftreten. Sehr zahlreich sind in solchem

Fig. 169.



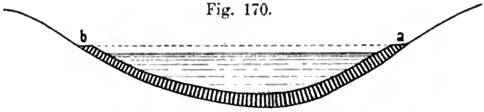
Walde die Schnecken, namentlich Helix lapicida, hortensis (Fig. 169, *1*), nemoralis, fruticum (*2a* und *b*), Klausilien (*3*) und kleine Pupaarten (*4*). Wo man in quellenreichem Gehängewalde nach Regen zahllose Schnecken an den glatten und schlanken Buchenstämmen sieht, da kann man auf Mergel rechnen. Der nicht als Kalktuff niedergeschlagene Kalk gelangt in Seebecken und wird in denselben in der S. 303 geschilderten Weise abgelagert. Die Untersuchung des Grundes mit dem Grundlothe in Seen, die Zuflüsse durch Bäche erhalten, wird Gewissheit geben, ob Wiesenkalklager auftreten. Gegebenenfalls können dieselben entweder durch Tieferlegung des Seespiegels oder durch Handbaggerung gewonnen werden.

Ist durch natürliche Verhältnisse der Seespiegel schon früher einmal gesenkt worden, so finden sich die dadurch über die Wasserfläche gebrachten Kalklager in Gestalt einer horizontalen Terrasse am Ufer des Sees und etwaiger Inseln, wie z. B. an dem in Figur 170 im Querschnitte skizzirten Niedersee in Pommern.

Weit häufiger als in heutigen Seen finden sich Wiesenkalklager in ehemaligen Seen, die durch Vertorfung in Moore ver-

wandelt sind. Hier verräth nichts an der Oberfläche das Auftreten des Mergels in der Tiefe, und wenn nicht durch tiefe Entwässerungsgräben der Kalk angeschnitten ist, so bleibt nichts übrig als die Bohrung. Dieselbe geht übrigens sehr leicht von Statten.

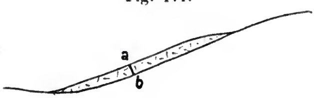
Fig. 170.



Ich bediene mich bei der Untersuchung grösserer Moore gewöhnlich einer eisernen, etwa daumendicken Stange von 4—5 m Länge, wie man sie bei jedem Dorfschmied vorfindet. Das untere Ende wird zugeschärft und in einer Länge von 2—3 dcm ausgekehlt. An das obere Ende kommt ein Handgriff. Zwei Männer vermögen in wenigen Sekunden diesen primitiven Bohrer 5 m tief in Moor und Kalk hineinzustossen, während erreichter Sanduntergrund sogleich sehr kräftigen Widerstand leistet. Mit diesem Bohrer kann man an einem Tage zahlreiche Moore oder grosse Moorflächen abbohren. Verdacht auf auftretende Wiesenkalklager kann man übrigens von vornherein haben, wenn in den Moorgräben sehr zahlreiche Wasserschnecken (Planorben, Paludinen und Limnäen) auftreten, so dass der Boden ganz von ihnen bedeckt ist.

Bei der Berechnung der Menge des zur Verfügung stehenden Kalkmergels liefert die durch Abbohrung zu ermittelnde Mächtigkeit und die Fläche, die er einnimmt, den nöthigen Anhalt. Die letztere in Quadratmetern, multiplizirt mit der mittleren Mächtigkeit, ergiebt die Masse in Kubikmetern. Bei dem am Gehänge lagernden Kalktuffe darf man die Mächtigkeit nicht vertikal ermitteln, sondern rechtwinkelig zur Neigung, da man sonst, wie die Figur 171 zeigt, eine zu hohe Zahl erhalten würde.

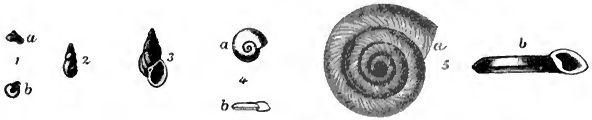
Fig. 171.



Der meist ganz oberflächlich lagernde, kalkhaltige Humus- oder Moormergel ist bei nicht ganz geringem, mindestens 10% betragendem Kalkgehalte ein ganz vorzügliches Meliorationsmittel. Er tritt mit Vorliebe in flachen, weiten Niederungen auf und ist

in seiner Verbreitung gewöhnlich sehr leicht an den Tausenden und aber Tausenden von meist winzigen Schneckenschalen zu erkennen, die ihn ganz und gar erfüllen. In Figur 172 sind die wichtigsten derselben abgebildet und zwar: *1a* und *b* Helix pulchella, *2* Cionella lubrica, *3* Limnaeus truncatulus, *4a* und *b* Planorbis nitidus, *5a* und *b*

Fig. 172.



Planorbis marginatus. Sind die betreffenden Flächen Wiese, so achte man besonders auf die Maulwurfshaufen und prüfe sie auf Schneckengehalt. Bei Ackerkultur auf Moormergel zeigt jede aufgenommene Handvoll Erde den Konchylienreichthum des Bodens.

Kapitel 41.

Die Aufsuchung von Thonlagern.

Aufsuchung und Untersuchung von Thonlagern. Wir fassen hier unter dem Begriff „Thon" alle diejenigen Gesteine zusammen, die zur Herstellung von Produkten der Töpferei und Ziegelindustrie Verwendung finden. Nach ihrem Auftreten in der Natur kann man dieselben trennen in a) solche, die sich auf primärer Lagerstätte befinden — bei ihnen besteht das Lager in seiner ganzen Mächtigkeit aus Thonen und hat auf seiner Lagerstätte von jeher aus solchen bestanden —, b) sekundäre Thonlager, d. h. solche, die durch Verwitterung aus thonerdehaltigem Gestein hervorgegangen sind und nur insoweit als Thon verwendet werden können, als die Verwitterung das Gestein angegriffen und umgewandelt hat. Wir betrachten zunächst die Verbreitung der unter a) verstandenen primären Thonlager in den verschiedenen Formationen.

Die archäische Formation ist durchaus frei von Thonlagern, da die ursprünglich auch wohl in ihr enthalten gewesenen durch zahlreiche Kräfte so umgewandelt sind, dass ganz anderes Gestein daraus geworden ist. Auch die paläozoische Formationsgruppe enthält nur an wenigen Stellen abbaufähige Thone. Man kann hier

die eigenthümlichen, in ihrem Aussehen an sehr junge Gesteine erinnernden Thonlager der Silurformation im nördlichen Russland nennen, sodann die durch besondere Behandlungsmethoden erst vorzubereitenden feuerfesten Thone der Steinkohlenformation, wie sie in Deutschland im niederschlesischen Steinkohlenbecken, ausserdem aber noch in grosser Menge im belgischen und schottischen Karbon auftreten und wegen ihrer Feuerbeständigkeit ein sehr schätzbares Material für viele Zwecke liefern. Auch die Letten der Zechsteinformation haben an manchen Orten Veranlassung zur Anlage meist kleiner Ziegeleien gegeben.

In den mesozoischen Formationen nimmt der Reichthum an bauwürdigen Thonlagern bereits zu. Manche Letten der Buntsandsteinformation sind direkt für die Herstellung von Ziegelsteinen geeignet, ausserdem aber kommen in den Sandsteinen derselben Formation Schichten vor, in denen die einzelnen Quarzkörner verbunden sind durch ein Bindemittel von Kaolin. Diese Sandsteine sind gewöhnlich so mürbe, dass durch einen einfachen Schlämmungsprozess der Kaolingehalt gewonnen werden kann, wie dies beispielsweise mit den kleinen, auf Verwerfungen eingesunkenen Schollen von Buntsandstein auf dem Thüringer Walde in der Nähe von Steinheid der Fall ist, wo dieses Kaolin für die Zwecke der Porzellanindustrie gewonnen wird. Während im Muschelkalk sich kein für keramische Zwecke geeigneter Thon findet, enthält der Keuper in weiten Gebieten Mittel- und Süddeutschlands sehr grosse Mengen von Lettenlagern, die an vielen Orten für Ziegeleizwecke ausgebeutet werden, und besonders die Grenzschicht gegen den Jura hin, das sogen. Rhät, ist reich an solchen Thonlagern.

Von grosser Bedeutung sind die zahlreichen Thonschichten des Lias und des braunen Jura, die in Westfalen, sowie im ganzen nordwestlichen Deutschland und im süddeutschen Verbreitungsgebiete dieser Formation in sehr zahlreichen Gruben ausgebeutet werden. Die obere Abtheilung des Jura, der weisse Jura, ist wegen der überwiegend kalkigen Ausbildung seiner Schichten ungeeignet; dagegen treffen wir zunächst wieder im Wealden im nordwestlichen Deutschland mächtige Thonmassen, und dasselbe ist der Fall mit den nächstjüngeren Schichten der unteren Kreide. Im nördlichen Vorlande des Harzes, im Braunschweigischen, im östlichen Hannover und durch ganz Westfalen hin besteht das Neokom und der Gault vorwiegend aus thonigen Gesteinen, die ein ganz vortreffliches und vielfach benütztes Material für die Ziegelindu-

strie liefern. Dasselbe ist wiederum der Fall mit den jüngsten Gliedern der Kreideformation, die in denselben Gebieten verbreitet sind und vielfach von Ziegeleien ausgebeutet werden.

Ausserordentlich gross ist auch der Reichthum der Tertiärformation an thonigen Bildungen. Im Unteroligozän gehören die sogen. Kapselthone und Flaschenthone der sächsischen und böhmischen älteren Braunkohlenformation an; im Mitteloligozän bildet der Septarienthon einen Thonhorizont, der vom Mainzer Becken aus sich durch Hessen hinzieht und alsdann wieder im nordöstlichen Deutschland von der Elbe bis zur Oder an zahlreichen Stellen auftritt. Die jüngere miozäne Braunkohlenformation, die ihr Verbreitungsgebiet durch die ganzen östlichen Provinzen des preussischen Staates hindurch von der russischen Grenze bis etwa zur Elbe hin besitzt, ist gleichfalls reich an Thonlagern, die an sehr vielen Orten ausgebeutet werden. Diese Thonlager bestehen entweder aus hellgrauweiss gefärbten, feuerfesten, als Flaschenthone bezeichneten Bildungen, oder sie führen durch organische Substanzen gefärbte, dunkle Kohlenletten. Von gleichem Alter sind auch die im nördlichen Schlesien, in der Provinz Posen und weit nach Polen hinein verbreiteten sogen. Flammenthone, graugrün gefärbte Gesteine, in welchen zahlreiche Partien mit intensiv rothen, grünen oder gelblichen Farbentönen abwechseln, so dass das ganze Gestein wie geflammt aussieht. In dieser selben Formation finden sich, gerade wie im Buntsandstein, sandige und grandige Schichten, in welchen zwischen den einzelnen Sandkörnern sich so grosse Kaolinmengen finden, dass dieselben auf dem Wege der Schlämmung gewonnen werden und zur Herstellung von Chamottesteinen Verwendung finden.

In den diluvialen Schichten finden sich Thonlager in drei verschiedenen Horizonten. Der tiefste derselben liegt unter dem unteren Geschiebemergel und umfasst jene Thonlager, die besonders in der Mark Brandenburg unter dem Namen Glindower Thone zur Anlage zahlloser Ziegeleien Veranlassung gegeben haben und die Hauptmasse der in der Reichshauptstadt verwendeten Bausteine liefern. Der wenigstverbreitete ist der mittlere Horizont, d. h. die Thonlager, die zwischen dem oberen und dem unteren Geschiebemergel eingeschaltet sind und gegenüber den Glindower Thonen den Nachtheil geringerer Mächtigkeit und Ausdehnung besitzen. Der jüngste Thonhorizont des Diluviums umfasst alle diejenigen Thone, die jünger sind als der obere Geschiebemergel und entweder in plattenförmigen Massen von meist geringer Mächtigkeit demselben aufgelagert sind (Deck-

thone) oder in derselben Zeit wie der Deckthon in jungen diluvialen Staubecken, — also in Thälern und seeartigen Niederungen, zum Absatze gelangt sind. Derartige Thonlager sind besonders im Gebiete des baltischen Höhenrückens weit verbreitet und in Folge ihrer Lage unmittelbar an der Oberfläche und der dadurch bedingten leichten Gewinnbarkeit ein geschätztes Material zur Ziegelfabrikation. Ein anderes diluviales Gebilde, welches gleichfalls vielfach zu Ziegeleizwecken ausgebeutet wird, ist der Löss, über dessen Verbreitung in Deutschland in dem Kapitel über Mergelaufsuchung das Nähere mitgetheilt ist.

Auch die jüngste unserer Formationen, das Alluvium, besitzt einen grossen Reichthum an Thonen; dieselben sind entweder Ablagerungen in ganz jugendlichen Süsswasserbecken und werden alsdann als Wiesenthone bezeichnet; hierher gehören auch die mächtigen Lager eines sehr kalkreichen Thones, die im Havelgebiete zwischen Potsdam und Brandenburg sich finden und mit dem Namen Havelthonmergel bezeichnet werden. Diese Thone besitzen gewöhnlich einen recht nennenswerthen Kalkgehalt und unterscheiden sich dadurch von dem kalkfreien Alluvialthone, welcher in den Ueberschwemmungsgebieten unserer grossen Ströme, im Unterlaufe des Rheins, der Weser, Elbe, Oder und Weichsel eine kolossale Verbreitung besitzt und als „Schlick“ bezeichnet wird. Er ist entstanden durch Niederschlag der von den Hochwassern dieser Ströme mitgeführten Flusstrübe im Gebiete der jährlichen Hochwasserüberfluthungen, und wurde zu einer Zeit gebildet, als die Wege dieser Flüsse noch nicht wie heute durch Dämme eingeschlossen waren, die Hochwasser noch über meilenweite Flächen sich ausbreiten konnten. Da das Flusswasser aus diesen schwebenden Bestandtheilen den kohlensauren Kalk auslaugte und in vollständige Lösung überführte, so konnten diese natürlich nicht mit zum Absatze gelangen, und es ergiebt sich so ein kalkfreier Thon, welcher ein sehr geschätztes Material für die Fabrikation von Verblendsteinen liefert.

Von diesen primären Thonlagern unterscheiden sich die sekundären dadurch, dass sie Verwitterungsbildungen des darunter anstehenden Gesteins darstellen. Feldspathreiche Eruptivgesteine, wie der Granit und der Porphyr, können unter besonderen Verhältnissen in der Weise verwittern, dass der Alkaligehalt der Feldspäthe und ein Theil der Kieselsäure in Lösung geht und ein als Kaolin bezeichnetes Thonerdesilikat übrig bleibt. Diese oft

schneeweiss gefärbte „Porzellanerde“ enthält dann nur noch die von der Verwitterung nicht angreifbaren Bestandtheile des Gesteins, in erster Reihe also den Quarz, und wird auf dem Wege einfacher Schlämmung von demselben befreit. Eine solche Kaolinverwitterung zeigen beispielsweise die Porphyre der Gegend von Halle und manche Granite im Königreich Sachsen und an anderen Orten. Besonders bekannt ist der mächtige, auf grosse Tiefe kaolinig zersetzte Granit der Insel Bornholm, wo ungeheure Mengen dieser Erde, hier allerdings hauptsächlich für Zwecke der Papierindustrie, durch Ausschlämmen gewonnen werden. Von dieser Kaolinverwitterung unterscheidet sich das Verwitterungsprodukt mancher thonerdereicher Gesteine dadurch, dass dasselbe bedeutend unreiner ist und dass das Gestein als Ganzes zersetzt ist, so dass durch Schlämmung die Erzielung eines reineren Produktes nicht möglich ist. So verwittern manche Grauwacken und Schiefergesteine zu einem unreinen Lehm oder Thon, der gewöhnlich nur geringe Mächtigkeit besitzt, indem alsbald darunter ungenügend verwittertes, festes Gestein folgt. Von grösserer Bedeutung sind die Verwitterungsbildungen der diluvialen Geschiebemergel, die in sehr vielen Gebieten das einzige Material für die Herstellung von Mauersteinen für den örtlichen Bedarf liefern, die Anlage grösserer Ziegeleien dagegen in den wenigsten Fällen lohnend erscheinen lassen. In dem Kapitel über Mergelaufsuchung ist bereits der komplizirten Verwitterung des norddeutschen Geschiebemergels gedacht.

Der aus der Entkalkung desselben entstandene Geschiebelehm liefert Ziegelsteine von geringer Güte, die aber wegen der ausserordentlichen Verbreitung der Schicht an sehr vielen Stellen Norddeutschlands fabrizirt werden. In ähnlicher Weise wie der Geschiebemergel verwittert auch der kalkhaltige Löss zu einem kalkfreien Lösslehme, der gewöhnlich einen höheren Grad von Plastizität besitzt und gleichfalls an vielen Orten gewonnen wird.

Das Aufsuchen von Thonlagern im Felde erheischt dieselben Methoden, die wir bereits bei der Aufsuchung von Mergellagern besprochen haben, und dies um so mehr, als viele Gesteine, die für die Ziegelindustrie ein geeignetes Material ergeben, zugleich auch einen solchen Kalkgehalt besitzen, dass sie als Meliorationsmittel benützt werden können. Man wird also, wie dort, alle diejenigen Eigenschaften des Thones, die auf seiner Undurchlässigkeit und auf seiner geringen Widerstandsfähigkeit gegen die Erosion

beruhen, gleichfalls zu beobachten haben, — also aus den dort beschriebenen Eigenthümlichkeiten des Terrains, aus dem Auftreten von Quellen oder sumpfigen Stellen, aus der Beschaffenheit des Ackerbodens und aus gewissen Eigenthümlichkeiten der Vegetation Schlüsse auf das Auftreten von Thonlagern machen dürfen. Wenn man im älteren Gebirge Thonlager aufsucht, so vergewissert man sich zunächst, mit welcher Formation, resp. mit welcher Unterabtheilung derselben man es in dem betreffenden Gebiete zu thun hat, ermittelt, in welchen Horizonten in der betreffenden Formation thonige Schichten sich einzustellen pflegen, und verfährt bei der Aufsuchung der Stellen, wo diese Schichten im Terrain ausstreichen müssen, genau in derselben Weise, wie dies bei der Mergelaufsuchung angegeben ist.

Hat man solche thonige Bildungen gefunden, so bedürfen dieselben einer näheren Untersuchung nach ihrer horizontalen und vertikalen Ausdehnung, nach den Lagerungsverhältnissen, der Mächtigkeit des Abraumes und nach ihrer petrographischen Beschaffenheit, und man hat dabei bezüglich der erstgenannten Punkte wieder dieselben Methoden anzuwenden wie bei Mergellagern. Nur rücksichtlich der petrographischen Beschaffenheit sind andere Umstände zu berücksichtigen. Während in Mergellagern der Kalkgehalt gerade das Wesentliche ist, ist derselbe für die Zwecke der Ziegelindustrie gerade von entgegengesetzter Bedeutung. Das Auftreten grosser Kalkmengen vermag sogar ein Thonlager vollständig unbrauchbar zu machen, doch ist dabei wohl zu unterscheiden, ob der Kalk in grösseren Stücken (meist Konkretionen) auftritt oder ob er in feiner Vertheilung dem Thone beigemengt ist. Im ersteren Falle kommt es darauf an, festzustellen, ob die Grösse dieser Konkretionen und die Massenhaftigkeit ein Auslesen unmittelbar bei der Gewinnung noch gestattet. Dies ist der Fall, wenn diese Kalkknauern eine gewisse Grösse besitzen, so dass sie leicht erkannt werden können. Sind dieselben aber, wie vielfach der Fall, von sehr geringer Grösse, etwa erbsengross oder noch kleiner, so können sie natürlich nicht mit der Hand ausgelesen werden, und es sind entweder kostspielige Schlämmprozesse nöthig oder man riskirt, dass zahlreiche Steine nach dem Brande durch chemische Umsetzung der gebrannten Kalkstückchen gesprengt werden und verloren gehen. Ein Gehalt an fein vertheiltem kohlensauren Kalke, den man durch einfaches Auftropfen von verdünnter Salzsäure leicht feststellen kann, ist dagegen weniger schädlich, und die Glindower Thone z. B., die zur

Fabrikation von ganz ungeheuren Massen von Mauersteinen benützt werden, enthalten einen zwischen 10 und 20 % schwankenden Gehalt an Kalkstaub. Eine solche Beimengung macht das Fabrikat allerdings ungeeignet zur Benützung in Aussenwänden, die den Angriffen der Atmosphärilien ausgesetzt sind, und beschränkt seine Benützung auf die Verwendung als Hintermauerungssteine.

Ebenso schädlich wie ein Gehalt an Kalksteinen ist ein solcher an Gypskrystallen oder Knollen. Wenn dieselben in dem Thone bleiben, so verliert der Gyps sein Wasser beim Brennen, nimmt dasselbe aber beim späteren Liegen an der Luft wieder auf, vermehrt sein Volumen und sprengt den Stein. Es müssen deshalb alle grösseren Gypsstücke und -krystalle ebenso sorgsam vor der Verarbeitung des Materials beseitigt werden wie die Kalkkonkretionen. Das Auftreten von Gypskrystallen ist in der Hauptsache auf die Thone der Trias beschränkt, ist aber auch im Septarienthone eine ausserordentlich verbreitete Erscheinung. Ein drittes Mineral, welches gleichfalls zu den Feinden der Ziegelbrenner gehört, ist der Schwefelkies, der entweder in stengeligen oder in kugeligen, meist radialen, faserigen Massen auftritt, beim Brennen einen Theil seines Schwefels verliert und beim weiteren Lagern des Steines an der Luft sich unter Bildung von Schwefelsäure weiter zersetzt, wobei die freigewordene Schwefelsäure den Stein energisch angreift und seine Widerstandsfähigkeit auf's Aeusserste beeinträchtigt.

Die Untersuchung des Thones für die besonderen Zwecke, zu denen er bestimmt ist, macht eine Reihe von Untersuchungen nöthig, von denen aber der Geologe wohl nur einzelne auszuführen in die Lage kommen wird, während andere so komplizirte Apparate und maschinelle Vorrichtungen nöthig machen, dass dieselben füglich den in den meisten Staaten eingerichteten öffentlichen oder privaten Untersuchungsstationen überlassen werden. Zu diesen letzteren Untersuchungen gehört die Prüfung der Widerstandsfähigkeit des fertigen Produktes gegen die Verwitterung, seiner Härte, seines Schmelzpunktes, seiner Widerstandsfähigkeit gegen Druck und Zug. Dagegen wird der Geologe manche Eigenschaften des Rohmaterials festzustellen haben; dahin gehören die mechanische Analyse, welche Aufschluss zu geben hat über die Menge der im Thon enthaltenen gröberen Bestandtheile, sodann die Bestimmung des Gehaltes an Thonerde und drittens die Feststellung der Menge der schädlichen Bestandtheile, also des kohlensauren Kalkes, des schwefelsauren Kalkes und des Schwefeleisens. Alle diese verschiedenartigen Unter-

suchungen decken sich mit denjenigen, die bei der Bodenanalyse zur Anwendung gelangen, und finden deshalb bei den betreffenden Kapiteln im zweiten Theile dieses Werkes eingehende Besprechung.

Kapitel 42.

Die Aufsuchung von Kies- und Sandlagern.

Die Aufsuchung von Kieslagern. Bei der Aufstellung von Regeln und Winken für die Aufsuchung technisch verwerthbarer Kies- und Schotterablagerungen ist es zweckmässig, die Gebiete der eiszeitlichen Vergletscherung in Norddeutschland getrennt vom mittel- und süddeutschen Hügel- und Berglande einerseits und dem Alpengebiete andererseits zu betrachten.

In dem grossen, von Hügelland und Mittelgebirgen eingenommenen Gebiete zwischen dem Nordende der alpinen Vergletscherung und dem Südrande des skandinavisch-nordeuropäischen Inlandeises lässt sich über die Verbreitung von Grand (Kies) und Schotter die Regel aufstellen, dass dieselben auf die Thäler heutiger und ehemaliger Flüsse und Bäche beschränkt sind. Da die Kiese und Schotter Ablagerungen des fliessenden Wassers sind, die Grösse der transportirbaren Materialien aber von der Wassermenge und Strömungsgeschwindigkeit des Flusses abhängig ist, so ergiebt sich als erster Satz, dass ein Fluss oder Bach mit unbedeutendem Gefälle nur Sande zu befördern und abzusetzen vermag, und wir werden daher im Thale eines solchen vergeblich nach Kies oder Schotter suchen. Den besten Anhalt bietet eine Untersuchung des Flussbettes selbst: besteht dasselbe nur aus feinerem Materiale und ergiebt eine kleine Aufgrabung oder Bohrung, dass dieses Verhältniss sich nach der Tiefe zu nicht wesentlich ändert, so ist auch die Hoffnung gering, in der vom Flusse durchflossenen Thalebene grössere Lager zu entdecken. Besteht aber das Bett und das Ufer des Flusses aus gröberem Kies oder grobem Schotter, und zwar nicht bloss oberflächlich, sondern auch in grösserer, durch Aufgrabung zu ermittelnder Tiefe, so kann man darauf rechnen, auch im Thalboden zu beiden Seiten des Flusses weitere und ausgedehnte Ablagerungen des gesuchten Materials aufzufinden.

Kies und Schotter im heutigen Bette eines Flusses verrathen die Anwesenheit von solchen unter dem weiteren, ebenen Thalboden.

In solchem Falle darf das Aussehen der Felder und Wiesen der oft sehr weiten ebenen Thalfläche nicht irre machen. Liegt dieselbe über dem Hochwasserspiegel des Flusses, so hat seit langer Zeit die Verwitterung auf die losen, schüttigen Bildungen einwirken können und dieselben oberflächlich in einen milden Lehmboden verwandelt, in welchem nur noch die schwerer zersetzbaren Schottergemengtheile in ihrer ursprünglichen Gestalt vorhanden sind. In vielen grösseren Kiesgruben lässt sich dieser Einfluss der Verwitterung, der meist auf ¼—1 m in die Tiefe reicht, gut erkennen. Ist aber der ebene Thalboden den jährlichen Hochwassern des Flusses ausgesetzt und wird er jahraus, jahrein von denselben überstaut, so bildet sich durch langsamen Absatz der im Hochwasser schwebenden, mineralischen und organischen Bestandtheile auf den während einer früheren Zeit abgesetzten Kies- und Schotterlagern eine allmählich an Stärke zunehmende Schicht eines fetten, lehmigen Alluvialbodens. In diesem Falle ist durch Bohrung oder Aufgrabung der Nachweis des unter diesem Auelehme lagernden Kieses zu führen.

Je grösser der Fluss und je geneigter das Thal, desto grösser ist von vornherein die Aussicht auf Auffindung grosser Kieslager; natürlich ergiebt sich dabei eine Grenze nach oben, indem ein in engem schluchtartigem Thale fliessender Strom nicht ablagert, sondern nur transportirt. Tritt nun der Fall ein, dass das Gefälle des Flusses eine plötzliche Verminderung erfährt, so verliert er mit der veränderten Strömungsgeschwindigkeit einen Theil seiner Fähigkeit, zu transportiren und muss sich damit begnügen, das feinere Material weiter zu führen, während das gröbere auf verhältnissmässig kleiner Fläche abgelagert wird. Durch diesen Umstand gewinnen wir einige weitere Gesichtspunkte, die bei der Aufsuchung von Kies- und Schotterlagern nutzbringend verwendet werden können. Wir dürfen sie nämlich in sonst daran armen Thälern an folgenden Punkten erwarten:

1. wo der Fluss aus einem Thale mit engem Profile und starkem Gefälle oder aus einer Schlucht in eine Thalweitung eintritt, in welcher das Gefälle sich vermindert; je näher dem Punkte, an welchem diese Veränderung eintritt, desto gröber wird das abgelagerte Geröll, je weiter davon entfernt, desto feiner wird es sein;

2. wo ein Fluss, der grobes Material zu transportiren vermag, in einen andern einmündet, dessen Gefälle ge-

ringer ist, als das seinige, geht derselbe Prozess vor sich, und die gröberen, nicht weiter transportirbaren Gerölle werden hier in Form eines mehr oder weniger geneigten Schotterkegels vor der Mündung des Nebenthales in das Hauptthal abgelagert.

Gelangt ein Fluss auf seinem Thalwege in einen See, so verliert er damit seine transportirende Kraft völlig und besitzt nach seinem Austritte aus dem See kein Material mehr, vermag also auch nicht eher wieder Kies- und Schotterlager zu bilden, als bis er aus Nebenthälern neue Zufuhr von Gesteinen erhalten hat. Daraus ergiebt sich als wohl zu beachtender Satz für unsere Zwecke der folgende:

In der Sohle eines von dem heute darin fliessenden Flusse geschaffenen Thales sind zwischen der Austrittsstelle desselben aus einem See und der Einmündung des nächsten, grobe Sedimente führenden Nebenthales keine Kies- und Schotterlager zu erwarten.

In vielen Thälern findet durch allmähliche Aufhöhung des Thalbodens eine langsame Verminderung des Thalgefälles Statt; dieselbe kann dahin führen, dass ein Fluss auf einer Strecke nur Sand ablagert, wo derselbe in früheren Zeiten bei stärkerem Gefälle Kies und Schotter abzusetzen vermochte. In einem Profile durch das Flussalluvium wird man in solchem Falle von oben nach unten eine stetige Zunahme der Grösse der einzelnen Sedimentsbestandtheile beobachten können und oft in der Lage sein, unter einem eventuell anderweitig verwerthbaren feinkörnigen Abraume technisch verwerthbare Ablagerungen von gröberer Beschaffenheit aufzufinden. Bohrung oder Aufgrabung an einer Anzahl von Stellen quer über das Thal hinweg muss über die am günstigsten gelegenen Punkte Aufklärung verschaffen.

Der heutige Thalboden eines Erosionsthales bezeichnet nur einen vorübergehenden Zustand; der Fluss floss selbst in verhältnissmässig nahe zurückliegenden Zeiten in höherem Niveau als heute und besass zu jeder Zeit neben seiner erodirenden auch eine ablagernde Thätigkeit. Wenn Zeiten starker Aufschüttung mit solchen gesteigerter Erosion wechselten, so macht sich das im Landschaftsbilde vielfach dadurch kenntlich, dass streckenweise die eine oder andere Thalflanke oder auch beide in ihrer Abdachung terrassenförmige Unterbrechungen, die Reste eines alten, längst verschwundenen Thalbodens zeigen, und in gar vielen Fällen sind

solche alte Terrassen, die oft zu mehreren über einander liegen, mit alten Flussschottern bedeckt, die auch nichts anderes sind, als die Reste einer einst über den ganzen damaligen Thalboden verbreiteten Decke.

Man achte also auf terrassenartige Stufen im Gehänge der heutigen Thäler und sehe zu, ob das Auftreten von Rollsteinen auf diesen Terrassen das Vorhandensein alter Flussschotter anzeigt.

Die lange Dauer der Zeit, während welcher diese alten Flusssedimente der Verwitterung ausgesetzt waren, hat gewöhnlich die weicheren oder löslicheren Gemengtheile entfernt und nur die schwer zerstörbaren übrig gelassen. So bestehen viele dieser älteren Schotter vorwiegend aus Quarzen, harten Sandsteinen und Kieselschiefern, und gerade die unverwüstlichen weissen Quarzgerölle auf den Feldern hochgelegener Terrassen sind deutliche Hinweise auf die Anwesenheit von Kieslagern. Die höchstgelegenen und ältesten dieser Terrassenschotter sind oft tertiären Alters und bestehen dann aus ganz reinem Quarzkiese, der für Wegebauzwecke ganz vortrefflich ist. Allerdings sind diese tertiären Schotter durch die Denudation auch am stärksten in ihrem Zusammenhange gestört und oft nur in weit von einander entfernten kleinen Partien hoch über den heutigen Thälern noch vorhanden. Sind mehrere solcher Ablagerungen auf den Hochflächen bekannt, so stelle man ihre Höhenlage fest und suche im zwischenliegenden Terrain diejenigen Gebiete ab, deren Meereshöhe zu den bekannten Punkten stimmt. — Dabei ist allerdings Voraussetzung, dass das Gebiet nicht von tektonischen Störungen betroffen wurde, die jünger sind, als die Kiesablagerungen selbst.

Im Ursprungsgebiete der Thäler, sowie da, wo dieselben keinen ebenen oder flach muldenförmigen, sondern V-förmigen Querschnitt besitzen, sind Kies- und Schotterablagerungen gewöhnlich nicht zu finden, sondern im ersten Falle durch eckigen Gehängeschutt, im letzteren durch den anstehenden Felsen ersetzt.

Sehr reich an Kieslagern sind die weiten Gebiete des norddeutschen Flachlandes, die während der Eiszeit bis hinab zum Rande der Mittelgebirge von der zusammenhängenden Decke des skandinavischen Inlandeises überzogen waren. Die gewaltigen Massen von Gesteinsschutt, die in der Grundmoräne desselben von Nord nach Süd bewegt wurden, erfuhren durch die Schmelzwasser eine weitgehende Aufbereitung nach ihrer Korngrösse, und so entstanden

neben mächtigen Thonlagern und ungeheuren Sandmassen auch eine Reihe gröberer Sedimente, die in allen Uebergängen von grobem „Mauersande“ bis zu mächtigen Packungen kleiner und grosser Geschiebe führen. Die praktische Aufgabe, derartige Kies- und Schotterlager in bestimmten Gebieten aufzusuchen und zu verfolgen, ist aber durchaus nicht einfach und erfordert in jedem einzelnen Falle eine Untersuchung der geologischen und orographischen Verhältnisse eines grösseren Gebietes. Wir wollen der grösseren Klarheit halber auch hier wieder eine Sonderung der Gebiete des eigentlichen nordischen Diluviums und der unter wesentlich anderen äusseren Bedingungen entstandenen Randgebiete des norddeutschen Diluviums im Vorlande der mitteldeutschen Gebirge vornehmen.

Im ersteren Gebiete bilden die grandigen Ablagerungen immer nur grössere oder kleinere Einlagerungen in geschichteten Bildungen feineren Kornes. Die letzteren sind entweder in fliessendem oder in stehendem Wasser abgelagert und im ersteren Falle entweder auf von Gletscherschmelzwassern überflutheten Hochflächen oder in grossen Thalzügen. Betrachten wir von diesen beiden Fällen zunächst wieder den ersten, die Ueberschüttung von mehr oder weniger ebenen Hochflächen vor dem Südrande des Eises mit geschichteten Bildungen, so kommt es sehr darauf an, ob dieselbe vor dem vorrückenden oder vor dem im Rückgange begriffenen Eise Statt fand. Bewegte sich der Eisrand nach Süden weiter, so wurden die frisch gebildeten Sedimente mit einer sie verhüllenden Grundmoränendecke überkleidet und dem suchenden Blicke entzogen, und nur durch spätere diese Lehmdecke durchschneidende Erosion konnten die Sedimente wieder an die Oberfläche gelangen.

In Gebieten mit weit ausgedehnten Geschiebemergeldecken sind die Ränder von tiefen, dieselben durchschneidenden Erosionsthälern auf das Auftreten eingeschalteter Grandlager zu untersuchen.

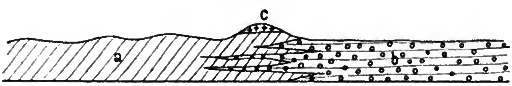
Alle anderen Funde von Kieslagern unter der Geschiebemergeldecke sind Zufallsfunde.

Anders liegt die Sache jedoch, wenn vor dem im Rückzuge begriffenen Eise die Sedimentbildung Statt hatte. In diesem Falle liegt die gesammte überschüttete Fläche offen und der Beobachtung zugänglich da und es handelt sich jetzt darum, die Punkte aufzufinden, an denen die Bedingungen für den Absatz grobkörniger Bildungen am günstigsten waren. Dahin gehören in erster Reihe diejenigen Gebiete, in denen an ausgedehnte Grundmoränenflächen

nach Süden hin ebenso grosse sandige Gebiete sich anschliessen, und zwar diejenigen Theile der Sandfläche, die der Geschiebemergelplatte am nächsten liegen. Die Grenze beider Bildungen bezeichnet häufig eine längere oder kürzere Stillstandsperiode in der Rückzugsbewegung des Eises und damit verbunden die Entwickelung grosser zum Transporte groben Materiales geeigneter Wassermassen. Am günstigsten aber liegen die Verhältnisse für die Auffindung von Grand- und Schotterlagern, wenn solche Grenzgebiete durch das Auftreten von Endmoränen einen lange andauernden Stillstand des Eisrandes verrathen.

Wenn eine Endmoränenkette (*c* in Fig. 173) auf der nördlichen (inneren) Seite von Geschiebemergel (*a*), auf der südlichen (äusseren) von geschichteten Bildungen (*b*) begrenzt wird, so hat man in den letzteren in einer in verschiedener Breite bis unmittelbar an die Endmoräne heran reichenden Zone mächtige Kieslager zu erwarten, selbst wenn die obersten Schichten mehr sandiger Natur sein sollten. Die Mächtigkeit dieser oft sehr groben, steinigen Grande und Schotter kann auf mehr als 20 m anschwellen. Je weiter von der Endmoräne entfernt, desto

Fig. 173.



feinkörniger wird das Material und in grösserem Abstande, d. h. in 2—4 km Entfernung finden sich oftmals nur noch vereinzelte Grandschmitzen in weitaus überwiegenden Sandmassen.

Endmoränenähnliche Bildungen finden sich aber nicht nur da, wo längere Pausen im Rückzuge des Eises eintraten, sondern auch in den mit zusammenhängenden Geschiebemergeldecken überkleideten Hochflächen und zwar sind das die sogen. Durchragungen. Es sind das Hügel, die ihre Umgebung um einige Meter, oft aber auch recht beträchtlich, überragen und entweder in einzelnen rundlichen oder gestreckten Kuppen oder in langgestreckten, wallartig erscheinenden Kämmen auftreten. Der Geschiebemergel keilt sich an ihnen aus oder überkleidet sie in einer meist dünnen Decke. Der Kern dieser Hügel besteht aus geschichteten Bildungen und unter ihnen überwiegen die Grande so sehr, dass man den Satz aussprechen kann:

Durch eine Geschiebelehmplatte hindurchstossende Hügel und Wälle sind kiesverdächtig.

In vielen Fällen bestehen solche Wälle durch und durch aus Kies, wie der in Figur 174 dargestellte aus der Gegend von

Fig. 174.



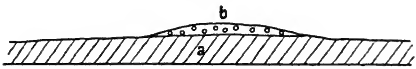
a Geschiebelehm. b Kies.

Treptow a. d. Rega, der zugleich als Typus für diese Art von Ablagerungen dienen kann.

Liegen mehrere Kieshügel in einer Richtung angeordnet und erheben sich zwischen ihnen weitere, aber mit Geschiebemergel überkleidete Kuppen, so führen auch diese oftmals unter dünner Grundmoränendecke mächtige Kieslager.

Eine topographisch ähnliche, geologisch aber etwas anders aufzufassende Form von Kieslagern ist die im folgenden Profile (Fig. 175)

Fig. 175.



a Geschiebelehm. b Kies.

dargestellte, wo auf einer Geschiebelehmkuppe sich eine Kappe von Kies befindet. Diese ziemlich häufige Art von Kieslagern enthält aber gewöhnlich keine grossen Massen des gesuchten Materials.

Es ist in der Entstehung unserer norddeutschen Glazialbildungen begründet, wenn neben den angeführten Arten des Vorkommens von Kies in den Hochflächen sich noch eine Reihe von anders gearteten ähnlichen Ablagerungen finden, für deren Aufsuchung sich wegen unserer Unbekanntschaft mit ihrer Entstehung keine festen Regeln aufstellen lassen. Ihre Auffindung ist nur durch eine sorgfältige und aufmerksame Begehung des Terrains zu erreichen und selbst dann noch in vielen Fällen vom Zufalle abhängig. Ich erwähne als Beispiel das Auftreten eines viele Tausende von Kubikmetern gröbsten Schotters enthaltenden Stockes als linsenförmige Einlagerung im unteren Geschiebemergel, der durch einen tiefen Einschnitt beim Bau einer Chaussee in Hinterpommern erschlossen wurde und seitdem einen ganzen Kreis mit Wegebaumaterial versorgt.

Im Gegensatze zur Ablagerung auf geschlossenen Hochflächen steht diejenige in ausgedehnten Thalzügen. Hier haben sich die Schmelzwasser des Eises bereits zu grösseren Flüssen und gewaltigen Strömen vereinigt, und die Bedingungen der Kiesbildung sind hier ähnliche, wie die bereits besprochenen in den Thälern des deutschen Berg- und Hügellandes. Gering ist die Hoffnung auf Auffindung von Kieslagern in den meilenbreiten, schwach geneigten Thalböden der sogen. Urstromthäler Norddeutschlands. In Folge ihres geringen Gefälles sind in ihnen fast ausschliesslich stein- und grandfreie sogen. Thalsande zum Absatze gelangt, und nur aus Bohrungen wissen wir, dass auch in ihnen an der Basis oft grobe Grande auftreten. Eine Ausbeutung derselben ist aber wegen des fast überall sehr flachen Grundwassers unmöglich.

Nur an den Stellen, wo diese Hauptthäler von bedeutenden Landrücken begrenzt werden und Seitenthäler mit beträchtlichem Gefälle in sie einmünden, finden sich vor deren Mündung deltaartige Anhäufungen gröberen Materiales, in denen oft recht brauchbare Kieslager auftreten. Ich verweise in dieser Hinsicht auf die unten angeführte Arbeit von mir [1]).

Wesentlich günstiger liegen die Verhältnisse in den kürzeren und schmäleren, aber meist viel tiefer eingeschnittenen Thälern nördlich vom baltischen Höhenrücken. Diese haben oft ein recht bedeutendes Gefälle und in Folge dessen finden wir in ihnen an zahlreichen Stellen Grandeinlagerungen, ohne dass sich für die genaue Lage derselben im Thale bestimmte Regeln aufstellen liessen. Hier genügt aber in den meisten Fällen eine sorgsame Begehung der Thalsandflächen und vor allem der Gehänge der in sie eingeschnittenen heutigen Gewässer, um durch die grandige Beschaffenheit der Oberfläche auf die Spuren der eingeschlossenen Kieslager geführt zu werden. Vor allem sind es aber auch hier wieder die unteren Theile und die Einmündungen stark geneigter Seitenthäler, die günstige Aussichten eröffnen.

Kiesablagerungen in stehenden Gewässern, in vom Eisrande aufgestauten ausgedehnten Becken, sind aus Norddeutschland erst in jüngster Zeit bekannt geworden. Es gehören die ausgezeichneten Stauseeterrassen am Nordrande des baltischen Höhen-

---

[1]) Ueber Deltabildungen am Nordrande des Fläming u. s. w. Jahrb. d. preuss. geolog. Landesanstalt für 1886. S. 135.

rückens zwischen Rummelsburg und Bütow in Hinterpommern hierher. Ihre Existenz auch in anderen Theilen des Höhenrückens steht wohl ausser Frage, ihre Aufsuchung und Erkennung erfordert aber ein bedeutendes Mass von Uebung in der Deutung norddeutscher topischer Formen und kann an dieser Stelle nicht näher erörtert werden.

Zum Schlusse möge unter den Kiesablagerungen Norddeutschlands noch ein linear sehr ausgedehnter Horizont Erwähnung finden. Es ist dies die Ostseeküste, die nicht nur im Gebiete der diluvialen Steilufer, sondern auch an den Dünenstrecken unregelmässig und von Strömung und Seegang abhängig bedeutende Kiesmassen führt, die bei starken Weststürmen oft völlig ihren Ort wechseln. Die Gewinnung von Kies an den fiskalischen Küstenstrecken ist verboten, aber an anderen Stellen wird dem Strande zu Wegebauzwecken vielfach schotterartiger Kies entnommen.

Am Südrande des dereinst vom Inlandeise bedeckten Gebietes, also am Fusse der mitteldeutschen Gebirge, der Sudeten, des Erzgebirges, Thüringerwaldes, Harzes und der Wesergebirge treffen wir auf ganz verschiedene Verhältnisse. Hier erzeugte die Verbindung der dem Eisrande nach Süden hin entströmenden Schmelzwasser mit den nach Norden oder Nordosten von den Gebirgen herabkommenden Flüssen eine eigenthümliche Komplikation. Die vor der Eiszeit bereits vorhandenen Thäler wurden durch die während dieser Periode frei werdenden Wassermassen mit ungeheuren Schotterlagern theils nördlichen, theils südlichen Ursprunges (gemengte Schotter) vollständig ausgefüllt, die Flüsse verliessen in Folge dieser Erhöhung ihres Bettes vielfach ihren alten Lauf und schlugen neue Wege ein. Durch die Vollendung der geologischen Aufnahme von Sachsen und Ostthüringen sind uns namentlich diese Gebiete in dieser Hinsicht gut bekannt geworden. Nach dem Rückzuge des Eises der ersten Vergletscherung trat eine Periode der Erosion ein und die Flüsse schnitten sich wieder bis auf den felsigen Untergrund ein. Gleichzeitig wurde die Schotterausfüllung zum grossen Theile wieder zerstört und blieb nur an den Rändern der Thäler in Form von Theilstücken erhalten, die uns heute als oft unterbrochene Terrassen erscheinen. Diesen, 10, 20 und mehr Meter über dem heutigen Niveau des Flusses beginnenden Terrassen ist bei der Aufsuchung von Kies und Schottern in erster Reihe Beachtung zu schenken, und wo sie auftreten, wird man in ihnen gewöhnlich bedeutende

Kieslager finden, deren Mächtigkeit bis zu mehr als 40 m anschwellen kann.

Die altdiluvialen Schotter in denjenigen Thalstücken, die von dem heutigen Thallaufe abweichen, sind gewöhnlich mit Grundmoränenlehm überkleidet, aber ihr Zusammenhang ist in den meisten Fällen durch eine Reihe von offenen Beobachtungspunkten wahrscheinlich gemacht, so dass man auch in den Zwischengebieten sie unter der Lehmdecke durch Bohrungen verfolgen kann.

Wesentlich einfacher stellt sich die Aufgabe des Kies und Schotter aufsuchenden Geologen im Alpengebiete und in dem von der eiszeitlichen Vergletscherung bedeckt gewesenem Vorlande desselben. In Folge des ausserordentlich starken Gefälles der Thäler sind hier fast alle von den Schmelzwassern des Gletschers abgelagerten Sedimente so grob, dass allenthalben Schotterlager von enormer Ausdehnung und Mächtigkeit die Thalzüge begleiten und in Form von hohen Terrassen weit über die heutigen Thalböden sich erheben. Sie fehlen nur in den engeren, inneralpinen Thälern, wo sie wohl durch spätere Erosion zum grössten Theile wieder entfernt wurden. Dazu kommt, dass die Schotter wenigstens der letzten Eiszeit so wenig verwittert sind, dass im Gebiete ihrer Verbreitung die Oberfläche des Bodens vollkommen mit grossen und kleinen Geröllen bedeckt ist. Diese jüngsten Diluvialschotter lehnen sich an die ausgedehnten Endmoränenzüge an, die in gewaltiger Ausdehnung beiderseits der Alpen von der Salzach und vom Tagliamento bis zum Mittelmeere vor den Mündungen aller grossen Thäler sich finden, und erstrecken sich von diesen Endmoränen aus mit immer feiner werdendem Korne weit stromabwärts.

Im nördlichen Vorlande der Alpen wurden durch die Gletscher vielfach Stauseen gebildet, in welche die einmündenden Gletscherströme mächtige Schotterdeltas hineinschoben, deren Oberfläche uns heute als hoch über den heutigen Seenspiegeln liegende Terrasse erscheint. Solche Terrassenschotter finden sich beispielsweise trefflich entwickelt in der Umgebung des Bodensees. Auch die grosse Zahl von während der Glazialzeit ausgefurchten Trockenthälern in der Umgebung dieses Sees ist mit gewaltigen Schottermassen erfüllt.

Die ungeheure Menge der Schotterlager in den Alpen und ihrem Vorlande und die Auffälligkeit, mit der sie sich bemerkbar machen, enthebt uns also der Nothwendigkeit, für ihre Aufsuchung eingehendere Regeln aufzustellen.

Eine allgemeine Bemerkung möge den Schluss dieser Anleitung bilden: Bei Aufsuchung von Kieslagern kann sehr zweckmässig ein Bohrzeug von der S. 3—6 beschriebenen Beschaffenheit Verwendung finden. Wenn dasselbe auch aus groben Kiesen und Schottern wegen der geringen Grösse des Löffels kein Material herausschafft, so giebt es doch einestheils durch das Fehlen dieser Probe, anderntheils durch das beim Bohren im Kies verursachte Geräusch deutlich die Anwesenheit desselben zu erkennen. Eine Untersuchung der Beschaffenheit der Ablagerung und ihrer Brauchbarkeit für bestimmte technische Zwecke kann aber nur durch Aufgraben vorgenommen werden.

Aufsuchung und Untersuchung von Sandlagern für feinere, weisse Glaswaaren. Während für die Herstellung geringwerthiger Gläser, dunkelgefärbter Flaschen z. B., jeder kieselsäurereiche Sand verwerthbar ist, verlangt die Fabrikation weisser Gläser einen Sand, der an Eisenverbindungen so arm wie möglich ist. Solche Sande haben wir in Norddeutschland nur innerhalb der Tertiärformation, speziell in denjenigen Abtheilungen, welche fluviatile oder lakustrine Süsswasserbildungen mit Braunkohlenflötzen führen. In diesen verschiedenen deutschen Braunkohlenformationen, deren Alter vom jüngeren Eocän bis zum Miocän reicht, finden sich neben Kohlenletten, hellen Thonen und Braunkohlen mächtige Lager von Sand. Die ganz feinen Sande, die man als Formsande bezeichnet, besitzen meist eine dunkle, bräunliche Farbe und erweisen sich schon dadurch als unbrauchbar für unsere Zwecke. Aber auch die dem Auge schneeweiss erscheinenden Sande sind nur in dem Falle verwerthbar, dass sie fast oder völlig frei von Glimmer sind. Die schneeweissen Glimmerblättchen enthalten nämlich eine so grosse Menge von Eisensilikat, dass die aus ihnen hergestellten Gläser einen starken Stich ins Grüne erhalten, ja bei grösserer Dicke direkt grün gefärbt sind. Man erkennt den Glimmergehalt sehr leicht, wenn man eine Probe des Sandes zwischen den Handflächen reibt; dabei bleiben die Glimmerblättchen an der feuchten Haut haften, und man kann leicht erkennen, ob viele vorhanden sind. Brauchbar sind dagegen schneeweisse, nicht ganz feine Sande ohne Glimmer und gröbere, dann meist mehr oder weniger hellgrau gefärbte Sande und Kiese, in denen man bei genauer Prüfung mit bewaffnetem Auge keine andern Mineralien wahrnehmen kann, als Quarz und höchstens ein vereinzeltes Bröck-

chen schwarzen Kieselschiefers. Die Nachforschung nach so beschaffenen Sanden hat sich natürlich auf diejenigen Gebiete zu beschränken, von denen das zu Tage Treten einer Braunkohlenformation bekannt ist. Der Ausstrich der Quarzsandschichten verräth sich gewöhnlich durch die Unfruchtbarkeit des Bodens. Er ist für Ackerkultur wenig geeignet, sondern trägt Haide oder Kiefernwald; der Boden ist in seinen obersten 2—3 Dezimetern etwas humifizirt und die Vermischung des weissen Quarzsandes mit dunklem Humus erzeugt eine ganz charakteristische, bläuliche Bodenfärbung.

Um den Werth eines aufgefundenen Quarzsandes für die Herstellung weisser Gläser zu prüfen, d. h. um die Gesammtmenge des in ihm enthaltenen Eisens festzustellen, verfährt man folgendermassen:

Der Sand wird mit Wasser durchgeschüttelt, die etwaige Trübe abgegossen und der gewaschene Sand getrocknet. Hierauf wird eine Probe im Achatmörser auf das feinste zerrieben, so dass das Pulver zwischen den Fingernägeln kein Gefühl mehr erzeugt und ein Gramm davon abgewogen und mit dem fünffachen Volumen einer Mischung von Natrium- und Kaliumkarbonat im Platintiegel gut gemischt. Dann bringt man die Mischung zum Schmelzen, indem man das Erhitzen mit kleiner Flamme beginnt und die Temperatur allmählich steigert. Wenn in der bei lebhafter Rothgluth und zuletzt über dem Gebläse erhitzten, völlig klaren Flüssigkeit keine Kohlensäureentwickelung mehr Statt findet, so ist die Aufschliessung beendet. Man bringt den Tiegel nach dem Erkalten in ein Glasgefäss, übergiesst mit verdünnter Schwefelsäure und löst den Kuchen auf. Die Flüssigkeit filtrirt man durch Glaswolle in einen Kolben und reduzirt mittelst Zink das Eisenoxyd in bekannter Weise. Ist die Reduktion beendet (Prüfung mit Kalium-Rhodanat), so titrirt man mit einer Lösung von übermangansaurem Kali von bekannter Wirkung und erhält dadurch den Gehalt an Eisen, den man gewöhnlich als Oxydul (FeO) bestimmt. Sande mit mehr als 0,1% FeO geben grünliche Gläser.

A u f s u c h u n g v o n F o r m s a n d. Eine zweite technisch wichtige Sandart ist der Formsand, der in Eisengiessereien für die Herstellung von Gussformen Verwendung findet. Auch er ist auf die tertiären Braunkohlenbildungen beschränkt, in denen er ausgedehnte, aber meist nicht sehr mächtige Einlagerungen bildet.

Seine Auffindung ist gewöhnlich mit der Anlage grösserer unterirdischer Gruben oder Tagebaue verknüpft, bei denen Braunkohle und Thon ausgebeutet werden, und seine Gewinnung ist gewöhnlich ein Nebenbetrieb derartiger Industrien. Aus diesem Grunde sind weitere Hinweise entbehrlich.

Kapitel 43.

Die Aufsuchung von Gegenständen bergbaulichen Betriebes.

Für die Aufsuchung solcher nutzbaren Lagerstätten, die Gegenstand des Bergbaues sind, ist eine genaue Kenntniss des geologischen Baues der betreffenden Gegend eine unbedingte Nothwendigkeit und zwar deshalb, weil von demselben die Art der Lagerstätte und die Beschaffenheit der in ihr auftretenden Stoffe abhängig ist. Um dies näher nachzuweisen, müssen wir einen kurzen Blick auf die Vertheilung der einzelnen Arten dieser Vorkommnisse auf die verschiedenen Formationen werfen. Wir theilen zweckmässiger Weise die in Betracht kommenden Lagerstätten in drei grosse Gruppen ein, nämlich in lagerförmige, in magmatische Ausscheidungen und in gangförmige.

I. Lagerförmige Vorkommnisse: Wir verstehen darunter solche, die dem Schichtenverbande so eingelagert sind, dass sie ein vollkommen gleichartiges Glied in demselben darstellen, im Streichen und Fallen mit ihm übereinstimmen und alle diejenigen Störungen mit durchgemacht haben, denen er unterworfen gewesen ist.

a) Eisenerzlagerstätten: Dieselben treten in allen Formationen auf und zwar kann man dabei im Allgemeinen die Beobachtung machen, dass die Erze um so eisenreicher sind, je älter die Formation ist, in der sie sich finden, so dass also in historischer Beziehung eine Reihe sich ergiebt, welche mit dem Magneteisenerz beginnt und durch Rotheisenerz, Spatheisenerz und Brauneisenerz den Uebergang zu den jüngsten, noch heute unter unseren Augen sich bildenden Eisenerzen liefert.

In der archäischen Formation finden sich Eisenerzlager in dem inneralpinen Zuge solcher Lagerstätten. In Skandinavien gehören dahin die ungeheueren Ablagerungen von Dannemora und Gellivara. Im Kambrium sind es besonders nordamerikanische Vorkommnisse

aus den Vereinigten Staaten und von der oberen Michigan-Halbinsel Kanadas (Keweenaw und Margetta). Die Silurformation enthält mächtige Eisenerzlagerstätten im nordalpinen Zuge (Eisenerz), in Böhmen (Nučic) und in England (Cumberland). In der Devonformation liegen die Lagerstätten im Lahngebiet im Nassauischen, in der Gegend von Brilon in Westfalen, im Fichtelgebirge und im Harze. In beiden Abtheilungen der Steinkohlenformation besitzt England reiche Eisenerze, im unteren Karbon im Distrikte von Cumberland, im produktiven Karbon in demjenigen von Cleveland; im letzteren liegen auch in Westfalen bedeutende Vorkommnisse von Blackband. Aus dem Rothliegenden sind namentlich die Vorkommnisse in den Lebacher Schichten zu nennen, aus dem Muschelkalk und Keuper die oberschlesischen Eisenerze und aus dem Lias einzelne Lagerstätten des Nordharzes (Harzburg). Sehr reich ist der Dogger; ihm gehören die berühmten und reichen Minettelagerstätten des östlichen Frankreich, des westlichen Lothringen und des südlichen Luxemburg, sowie die gleichaltrigen, ähnlichen Lagerstätten von Aalen und Wasseralfingen im Schwäbischen Jura an. Zur Kreideformation gehören die Amberger Eisenformation Bayerns, die Lagerstätten von Salzgitter und Peine im nördlichen Harzvorlande und ausgedehnte Vorkommnisse in Algier. Im Tertiär liegen die Eisenerzlager von Sonthofen und Kressenberg in den Voralpen, die Bohnerzformation des Fränkischen und Schwäbischen Jura und die durch tertiäre Granite im Kontakte mit Kalken erzeugte altberühmte Lagerstätte der Insel Elba. Aus dem Quartär endlich wären die Seeerze Schwedens und die Raseneisensteine Norddeutschlands zu nennen. — Die Manganlagerstätten treten in den meisten Fällen in innigster Verknüpfung mit den eben besprochenen Eisenerzen auf und bedürfen deshalb keiner näheren Erwähnung.

b) Die Lager von Kiesen (geschwefelten Erzen) sind im Gegensatze zu den Eisenerzlagern auf die alten Formationen beschränkt und finden sich nur bis zum Zechstein aufwärts. Sie sind in den meisten Fällen durch ihren Kupfergehalt ausgezeichnet. Aus der archäischen Formation wären als Typus die Vorkommnisse von Röràs und Sulitjelma in Schweden zu nennen, aus dem Silur die Vorkommnisse von Rio tinto, aus dem Devon die Lagerstätten vom Rammelsberge, von Agordo in Venezien, Schmöllnitz in Ungarn und diejenigen an der Lenne, und als jüngstes schliesslich das Kupferschieferflötz des Mitteldeutschen Zechsteins.

c) Unter den Golderzlagern ist in allererster Reihe dasjenige vom Witwatersrande in Transvaal zu nennen, wo das Vorkommen des Goldes an die Schwefelkiesführung sehr alter Konglomerate geknüpft ist. Zu den jugendlichen Goldlagern gehören die durch Aufbereitung von Seiten der Flüsse erzeugten Seifenlager zahlreicher Gebiete.

d) Quecksilberlager: Auch die Vorkommnisse von Quecksilberlagerstätten gehören fast ausschliesslich lagerförmigen Vorkommnissen an, treten in allen möglichen Formationen auf und stehen fast immer in innigstem Zusammenhange mit Spalten, auf denen thermale Wasser zirkulirt haben.

e) Salzlager: Lager von Steinsalz finden sich vom Silur an in allen Formationen, wenn auch in ganz verschiedener Häufigkeit. In Deutschland kommen fast nur die Zechsteinformation in ihrem oberen Theile, sowie alle drei Glieder der Trias in Betracht. Ausserhalb Deutschlands wären als Beispiele anzuführen: aus dem Silur der Staat New-York und Goderich in Kanada, aus dem Devon die baltischen Provinzen Russlands und China, aus dem Karbon der Saginaw-Distrikt im Staate Michigan und England; auch die grossartigen Salzlager des Salt-Range in Indien sind paläozoischen Alters. Triassischen Alters sind die bekannten alpinen Salzlagerstätten, die französischen von Salins, die englischen von Nottingham, Derby, Stafford u. a. O. Jura- und Kreideformation sind sehr salzarm (Algerien). Sehr wichtig dagegen sind wieder die tertiären Salzlager, von denen Cordona in Spanien und die karpathischen Vorkommnisse genannt sein mögen. Zu den jüngsten Vorkommnissen gehören die an der Oberfläche liegenden Salzflötze der Salzsteppen Zentralasiens und des aralo-kaspischen Beckens.

Lager der werthvollen „Abraumsalze“ finden sich fast ausschliesslich in Deutschland und sind an die Steinsalzlager des Oberen Zechsteins geknüpft. Nur im deutschen Röth und den ebenfalls untertriassischen Werfener Schichten der Alpen finden sich ausserdem noch Kalisalze in geringeren Mengen, sowie schliesslich in dem tertiären Salzlager von Kalusz in Galizien.

f) Kohlenlager: Bauwürdige Kohlenflötze treten zwar gleichfalls in allen Formationen vom Silur an auf, doch besitzen nur das Karbon und Tertiär über weite Gebiete ausgedehnte, mächtige und an zahlreichen Stellen der Erde sich findende Lager fossiler Brennstoffe. Von Vorkommnissen in den übrigen Formationen seien genannt: aus dem Silur Südschottland, Irland und die Insel Man, aus

dem Devon Spanien, Frankreich und China, aus dem Rothliegenden Manebach in Thüringen, aus dem Keuper die Lettenkohle Süddeutschlands, Oberschlesiens und Polens, aus dem Rhät Schonen, Bornholm und China, aus dem Lias der Banat und die Gegend von Fünfkirchen, der Kaukasus, Transkaukasien und das Elburzgebirge in Persien. Mesozoischen, mehrere der europäischen Formationen umfassenden Alters sind die Kohlenflötze der Gondwana-Schichten Ostindiens, sowie ähnlicher Schichtenreihen Australiens. Aus dem Wealden sind die Kohlenflötze des Wesergebirges, aus dem Aptien diejenigen der Provinz Teruel in Spanien zu nennen. Die karbonischen und tertiären Kohlenvorkommnisse aufzuzählen ist bei ihrer Menge unmöglich.

In Verbindung mit dem Vorkommen von Kohle sind die von Petroleum und ähnlichen flüssigen Kohlenwasserstoffen zu nennen. Sie treten im Silur von Indiana, im Devon von Kentucky und Tennessee, im Karbon der weiten Kohlenfelder westlich von dem Alleghanygebirge in Nordamerika, im Eozän im Unterelsass, im Oligozän bei Tegernsee in Oberbayern und im jüngeren Tertiär am kaspischen Meere, in Galizien und der Walachei auf.

II. Magmatische Ausscheidungen: Darunter versteht man solche Erzlagerstätten, die sich beim Erstarren der Eruptivgesteine als Ausscheidungen aus dem flüssigen Magma gebildet haben. Zu diesem Typus gehören die an Peridotite und gabbroartige Gesteine geknüpften Vorkommnisse von Magneteisen- und Titaneisenerzen in Skandinavien (Erteli), im östlichen Ural (Gorablagodat) und im Kaukasus, dahin ferner die Ausscheidungen von Chromeisenstein aus solchen Eruptivgesteinen, die uns in Folge ihrer Zersetzung heute als Serpentine entgegentreten, dahin ferner die an basische Eruptivgesteine geknüpften Nickelerzvorkommnisse Kanadas und Australiens.

III. Gangförmige Lagerstätten: Während bei den unter I und II genannten Lagerstätten eine Abhängigkeit zu konstatiren ist entweder von dem Alter des betreffenden Gesteins oder von seiner petrographischen Zusammensetzung, sehen wir in den gangförmigen Lagerstätten Erscheinungen, die ausschliesslich von der Tektonik des betreffenden Gebietes abhängig sind. Alle gangförmigen Lagerstätten sind Ausfüllungen von Spalten und zwar immer von Verwerfungsspalten. Das letztere ist anzunehmen selbst in dem Falle,

dass der Betrag der thatsächlich stattgehabten Verschiebung an der Spalte auf ein Minimum reduzirt ist. Wir werden also Gänge nur da zu erwarten haben, wo Spalten aufgerissen sind, wo also in irgend einer Zeit bedeutende tektonische Vorgänge sich ereignet haben, wo die gebirgsbildende Thätigkeit in Kraft gewesen ist. Wir werden sie dagegen vermissen in Gebieten, in denen mächtige Schichtenreihen in ungestörter Konkordanz und in gleichförmiger und ruhiger Lagerung über grosse Flächenräume sich ausdehnen. Gebirgsbildende Thätigkeit hat zu allen Zeiten stattgefunden und zu allen Zeiten haben sich in Folge dessen Spalten bilden und zu Erzgängen umgestalten können. Die während alter Formationen entstandenen Urgebirge der Erde sind heute durch die Denudation zum grössten Theile wieder eingeebnet und in erloschene Gebirge verwandelt. Wo also in solchen Erzgänge aufsetzen, sind sie naturgemäss geknüpft an Gesteine alter Formationen. Unsere heutigen Hochgebirge sind in relativ jugendlicher Zeit, im jüngeren Tertiär (Miozän) gebildet und es sind in ihnen auch junge Schichten, bis in's Tertiär hinein, der Auffaltung und Zerreissung unterworfen gewesen. In Folge dessen können in solchen jugendlichen Gebirgen Erzgänge auch in jungen Gesteinen sich finden. — Ein zweiter Faktor für die Entstehung von Erzgängen ist das Wasser. Es ist ganz nothwendig, dass auf den entstandenen Spalten reichliche Wassermassen zirkulirten, und es ist im höchsten Masse wahrscheinlich, dass es in allen Fällen heisse Wasser waren, die aus der Tiefe der Erde empordrangen; sie brachten die Metalle und Mineralien in Lösung mit herauf, welche uns heute als Ausfüllungen der Spalten, als Gangmassen, entgegentreten.

Zwei wichtige Punkte sind es, abgesehen von der Lagerung, durch welche die Gänge sich von den Lagern unterscheiden. Der eine betrifft die Struktur. Alle Gänge besitzen eine sogen. Krustenstruktur, d. h. sie bauen sich auf aus einer Anzahl von Lagen, die symmetrisch oder unsymmetrisch den Begrenzungsflächen des Ganges entsprechend verlaufen. Diese Krustenstruktur, die einmal eine Folge des Wechsels in der chemischen Zusammensetzung der zirkulirenden Gewässer ist, dann aber wohl auch ein wiederholtes Sichabspielen des Ausfüllungsprozesses zur Ursache hat, fehlt den lagerförmigen Vorkommnissen vollständig. Mit dieser Eigenthümlichkeit der Struktur steht es auch im Zusammenhange, dass die Gänge häufig Drusenräume mit schön auskrystallisirten Mineralien enthalten, die in den Lagern zu den grossen Seltenheiten gehören.

Ein zweiter Unterschied zwischen Gängen und Lagern betrifft ihre mineralogische Zusammensetzung. In ersteren gehören die Silikate zu den grössten Seltenheiten, während die Lager oft gerade durch sie ausgezeichnet sind. Dagegen fehlen umgekehrt die eigentlichen Gangmineralien, Kalkspath, Schwerspath, Quarz, Flussspath, Braunspath, wiederum in den Lagern in den weitaus meisten Fällen. Die seltenen Ausnahmen können diese Regel nicht erschüttern.

Das allgemeine Verhalten der Gänge ist von einer so ausserordentlichen Mannigfaltigkeit, dass es ganz unmöglich ist, von einem Gange auf einen anderen desselben Gebietes, oder gar von einem Ganggebiete auf ein Nachbargebiet zu schliessen. Diese Mannigfaltigkeit geht so weit, dass gleichaltrige Gänge desselben Gebietes, die in gleichen Gesteinen aufsetzen, sich ganz verschiedenartig verhalten können, wie es z. B. mit den Gängen im Rheinischen Schiefergebirge der Fall ist. Es kann nicht dringend genug dazu ermahnt werden, jedes einzelne Gangvorkommniss individuell zu betrachten und ganz unabhängig von den an anderen Gängen gemachten Erfahrungen zu prüfen. Wir können aus der grossen Mannigfaltigkeit der Erscheinungen nur einzelne besonders beachtenswerthe herausgreifen: Es ist nicht möglich, aus der Beschaffenheit der Gangausfüllungen im Ausgehenden auf den Gang in grösserer Tiefe zu schliessen, denn Gänge, die in ihren oberen Teufen an edlen Erzen reich sind, können nach der Tiefe hin verarmen und nur noch geringwerthige führen. Es ist davor zu warnen, aus der sich gleichbleibenden Beschaffenheit eines Ganges in einem Gestein auf sein Verhalten in denjenigen Theilen zu schliessen, die in einem anderen Nebengestein aufsetzen. Es können Gänge, die in ihren oberen Theilen erzführend sind, nach der Teufe zu vollkommen taub werden, es kann aber auch der umgekehrte Fall eintreten, dass ein oben tauber Gang sich nach unten veredelt. Es ist nicht richtig, dass alle Gänge in die ewige Tiefe hin fortsetzen und bis an die Oberfläche emporreichen, sondern es sind wohl Fälle bekannt, in denen ein Gang nach oben hin endigt, also die Oberfläche nicht erreicht, während andere Gänge oft schon in geringer Tiefe ihr Ende erreichen (sogen. „Rasenläufer"). Es ist eine Seltenheit, dass die tektonisch bedeutsamsten Spalten, welche den Bau ganzer Gebirge beeinflussen, erzführend sind, wohl aber kommt es sehr häufig vor, dass die kleineren, ihnen parallel aufgerissenen, auf die gleichen tektonischen Ursachen zurückführbaren Nebenspalten eine Erzführung besitzen. Doch können auch solche Haupt-

spalten dann eine Erzführung erlangen, wenn sie beim Uebertritt in ein anderes Gestein, oder aus sonst einem anderen Grunde ihren einheitlichen Charakter verlieren und sich in ein Büschel kleinerer Gänge zerschlagen. Auch die meteorologischen Verhältnisse des Gebietes, in welchem die Gänge aufsetzen, spielen eine bedeutsame Rolle, indem sie den Charakter des Ausgehenden ganz wesentlich beeinflussen. Während in regenarmen Gebieten die Haloidverbindungen der Metalle, also die Chlor-, Brom- und Jodsalze, im Ausgehenden der Gänge geblieben sind, besitzt das Ausgehende der Gänge in niederschlagreichen Gegenden einen vollkommen anderen Charakter, den wir unten näher besprechen werden.

Ist der geologische Bau einer Gegend hinreichend erkannt worden, so wird man in der Lage sein, bei der Beurtheilung der Frage nach dem Auftreten nutzbarer Lagerstätten eine ganze Reihe von Fällen als unmöglich auszuscheiden, und wird für die übrigen die Frage nach ihrem etwaigen Auftreten lokalisiren können, indem man dann weiss, dass man in dem einen Gebiete nur die einen, im anderen nur die anderen Lagerstätten zu erwarten hat.

Für die Arbeit der eigentlichen Aufsuchung der Lagerstätten nun kommen eine Reihe von Methoden in Betracht, die abhängig sind von ihrer Beschaffenheit.

S a l z l a g e r werden nur in vollkommen trockenen Gebieten zum unmittelbaren Schnitte mit der Erdoberfläche kommen können (Cardona in Spanien) und nur in diesen direkt beobachtbar sein. In allen anderen ist ihre Existenz nur dann denkbar, wenn sie durch wasserundurchlässige Schichten geschützt sind; sie werden also in den weitaus meisten Gebieten auf dem Wege der Bohrung ermittelt werden müssen, und die Frage, ob eine solche Bohrung aussichtsreich sein wird, wird immer nur dann beantwortet werden können, wenn die auftretenden Formationen und ihre Lagerungsverhältnisse genau untersucht sind, und wenn es festgestellt ist, ob innerhalb der auftretenden Formation ein Salzhorizont sich findet. Eine besondere Stütze vermag der Annahme des Vorkommens von Salzlagern in der Tiefe der Umstand zu leihen, dass an der Oberfläche Salzstellen und -quellen sich finden, die in den meisten Fällen den Bewohnern des betreffenden Gebietes bekannt sind, vom Vieh als Tränk- und Leckstellen geschätzt werden und gewöhnlich durch ihre eigenthümliche Flora sich verrathen, über die im Kapitel 17 weiteres nachzulesen ist.

In salzführenden Formationen tritt das Steinsalz in den meisten

Fällen in inniger Verknüpfung mit Gyps auf, und da der letztere sehr viel schwieriger löslich ist, so kann er direkt an der Oberfläche auftreten und zugleich die Decke des Steinsalzes bilden. Bohrungen an Stellen, wo Gypslager oberflächlich anstehen, haben in vielen Fällen und oft schon in geringer Tiefe Steinsalz angetroffen.

Bohrungen auf Kalisalze kommen in Frage in den Gebieten, in denen die obere Zechsteinformation in der Tiefe zu erwarten ist, und die Möglichkeit, dieselbe mit einer Bohrung zu erreichen, ist um so grösser, je näher im Alter die an der Erdoberfläche auftretende Formation dem Zechstein steht. Am günstigsten sind also die Gebiete, in denen der untere und mittlere Buntsandstein zu Tage liegen. Die Nähe grösserer Verwerfungen oder schmalerer und breiterer Störungszonen ist zu vermeiden, da die Gefahr vorliegt, dass in ihrer Nähe durch die auf den Spalten zirkulirenden Wassermengen die leicht löslichen Abraumsalze aufgelöst und fortgeführt sind. Trifft die Bohrung auf Steinsalz, so ist sie, wenn irgend möglich, so lange fortzusetzen, bis das Salz zu Ende und das darunter folgende Gestein als zum mittleren oder unteren (unproduktiven) Zechstein gehörig erkannt ist. Die Kalisalzlager liegen nämlich durchaus nicht immer im Hangenden des Steinsalzes, sondern können auch von mächtigen Flötzen jüngeren Steinsalzes bedeckt sein.

Die Aufsuchung von Kohlenlagern wird sich auf diejenigen Formationen zu beschränken haben, in denen erfahrungsmässig solche häufig auftreten, also auf das Karbon und auf das Tertiär. Falsch würde es dagegen sein, wegen des Umstandes, dass auch in anderen Formationen einmal kleinere Kohlenlager auftreten, in diesen systematisch an solchen Orten nach ihnen zu suchen, wo keine bestimmten Spuren auf ihre Anwesenheit hinweisen. Die Feststellung, dass man es mit Schichten der Karbonformation oder der braunkohlenführenden Abtheilung des Tertiärs zu thun hat, ist in der Hauptsache nach paläontologischen Gesichtspunkten zu treffen, und wenn der Beweis erbracht ist, so wird in den weitaus meisten Fällen auch wieder die Bohrung zu Hülfe genommen werden müssen, um das Vorkommen der gesuchten Stoffe in der Tiefe nachzuweisen.

Für die Aufsuchung von Erzen in Lagern, magmatischen Ausscheidungen und Gängen kommen folgende Gesichtspunkte in Betracht:

Wo nicht jüngere Bildungen das Auftreten einer Lagerstätte

überdecken, diese also vollständig zu Tage liegt, kann man auf ihre Anwesenheit aus einer ganzen Anzahl von verschiedenen Beobachtungen schliessen. Wie bekannt, werden durch die Einwirkung der Atmosphärilien Erzgänge und Lager in ihren oberen Theilen sehr stark umgewandelt. Die Erze selbst werden umgebildet, es entstehen eine Reihe von Zersetzungsprodukten, Eisen- und Manganocker, Brauneisenstein und eine Reihe von Vitriolen, die ihrerseits wieder nahe der Oberfläche der Auslaugung anheimfallen. Es bilden sich ferner eine Reihe von Salzen, die ihre Säuren aus der Zersetzung von Kiesen und Blenden erlangt haben und uns als Arseniate und Sulfate entgegentreten. Es entstehen schliesslich aus Kupfererzen unter dem Einflusse kohlensäurehaltigen Wassers die Karbonate Malachit und Kupferlasur. Alle die genannten Verbindungen besitzen mehr oder weniger lebhafte Farben und können so schon durch das blosse äussere Aussehen der Fläche, auf der die Lagerstätte ausstreicht, sich verrathen. Noch mehr ist dies der Fall bei dem sogen. eisernen Hute, dem grösstentheils zu Brauneisenerz umgewandelten obersten Theil der Gänge, besonders derjenigen, die in grösserer Tiefe Bleiglanz, Kupfer- und Schwefelkies führen. Im engsten Zusammenhange mit diesen auf Verwitterung beruhenden Erscheinungen stehen die im Ausgehenden der Gänge beobachtbaren Ausblühungen oder Auswitterungen. Sie beruhen in der Hauptsache auch auf der Bildung von Sulfaten (Bittersalz, Zink-, Eisen- und Kupfervitriol) und machen sich an der Oberfläche als feiner, reifartiger Ueberzug oder als unregelmässige, verschieden gefärbte Flecken geltend (Schweif der Bergleute).

Bei der Begehung eines Gebietes zur Untersuchung auf Lagerstätten hat man selbstverständlich, gerade wie bei der geologischen Durchforschung, alle natürlichen oder künstlichen Entblössungen der Gesteinsoberfläche in erster Reihe zu beachten, und es ist in dieser Hinsicht auf das zu verweisen, was oben S. 15 bereits näher ausgeführt worden ist. Bestehen Unterschiede in der Widerstandsfähigkeit zwischen Erzlager und Nebengestein, so können dieselben dahin führen, dass die Lagerstätte im Relief einer Gegend zum Ausdruck gelangt und dadurch erkannt oder verfolgt werden kann. Ist das Gestein weicher als der Gang, so wird der letztere der Oberfläche entragen und in der Form einer langgestreckten Klippenreihe auftreten, wie dies besonders bei Quarzgängen vorkommt. Ist dagegen das Umgekehrte der Fall, so wird die Lager-

stätte schneller verwittern als das einschliessende Gestein und in Folge dessen an der Oberfläche als eine flache, weithin sich fortziehende Rinne sichtbar werden.

Wo die Lagerstätten in Gangform auftreten, sind sie natürlich an vorher gebildete Spalten gebunden, und es gilt für ihre Beobachtung dasselbe, was oben bereits für die Auffindung und Verfolgung von Verwerfungsspalten bemerkt wurde. Es ist demzufolge der Wasserführung und dem Auftreten von Quellen besondere Aufmerksamkeit zu schenken, ganz besonders aber dann, wenn die Quellen an sich schon einen bedeutenderen Mineralreichthum besitzen, oder gar als Thermen zu Tage treten, denn in gar vielen Fällen setzen warme Quellen direkt auf Erzgängen auf, und gerade bei uns in Deutschland ist diese Verknüpfung an einer ganzen Reihe von Lagerstätten im Westen zu beobachten.

Auch der Vegetation ist Aufmerksamkeit zu schenken, wenn auch die in bergmännischen Kreisen verbreitete Anschauung von der Boden- oder Erzstätigkeit mancher Pflanzen wohl immer auf falschen Voraussetzungen beruhen mag. Man wird sich vielmehr nicht so wohl um das Auftreten einzelner bestimmter Pflanzenarten zu kümmern haben, als vielmehr um die ganze Vergesellschaftung der Pflanzen. Der Boden über dem Ausstreichen von Erzlagern ist in Folge seiner häufigen Schwängerung mit Salzen gewöhnlich gegenüber dem angrenzenden Boden unfruchtbar, und dieser Unterschied macht sich durch kümmerliches Aussehen oder durch das Fehlen mancher Pflanzen gegenüber dem Nachbargebiete auffallend bemerkbar. Eine einzige Pflanze scheint bis jetzt erst bekannt zu sein, die nur auf ganz bestimmtem Erzboden wächst, es ist das ein dem Stiefmütterchen nahe verwandtes Veilchen (Viola lutea var. calaminaria), welches auf dem Galmeiboden Oberschlesiens, Westfalens und Belgiens so konstant sich findet, dass auf sein Auftreten bereits Schürfungsarbeiten mit Erfolg gegründet sind.

Einer der wichtigsten Punkte bei der Aufsuchung von Lagerstätten beruht auf der Beobachtung und Verfolgung der Spuren, die sich im Gerölle der Bäche und Flüsse finden. Wo Erzlager oder Gänge verwittern, da wird ihr Verwitterungsschutt von den fliessenden Wassern thalabwärts geführt und abgerollt, und wenn auch meist arg zersetzt, lassen diese Geröllstücke doch gewöhnlich einen Schluss auf die Beschaffenheit der Ablagerung zu, der sie entstammen. Findet man derartige Gerölle in dem Flusslaufe, so verfolgt man sie soweit stromaufwärts, bis man sie im

Gerölle des Gewässers durchaus nicht mehr findet, und kann dann erwarten, entweder unmittelbar am Ausgehenden der Lagerstätte sich zu befinden, oder dieselbe oberhalb dieser Stelle am Gehänge des Thales anzutreffen. Im letzteren Falle wird man natürlich mehr oder weniger eckige Bruchstücke des leitenden Gesteins auch am Gehänge selbst zu erwarten haben. In vielen Fällen wird es möglich sein, aus der Beschaffenheit der Rollstücke einen Schluss zu ziehen auf die Länge des Weges, den sie vom Anstehenden an zurückgelegt haben. Sehr harte Gesteine (Gangquarze), die vollständig in Gerölle verwandelt sind, werden auf einen längeren Transport deuten, während die weicheren Gangmineralien (Kalkspath und Schwerspath) durch ihr Auftreten in minder abgerollten Stücken oder Fragmenten auf grosse Nähe des Ganges hinweisen, dem sie entstammen.

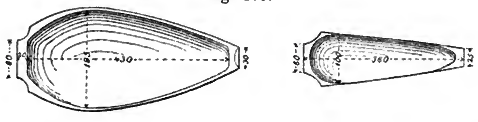
Besondere Aufmerksamkeit hat man auch den Spuren und Resten alten Bergbaues oder Hüttenbetriebes zuzuwenden. Man kann durch deren Beobachtung sowohl in die Lage kommen, Lagerstätten aufzufinden, deren Abbau durch die heute verbesserten Gewinnungs- und Ausbringungsmethoden wieder lohnend geworden ist, als auch solche Erze aufzufinden, deren Werth zur Zeit jenes Abbaues noch vollkommen unbekannt war (Nickel). Aus der Lage der alten Halden kann man oft einen sicheren Schluss auf die Beschaffenheit der darunter befindlichen Lagerstätten thun. Unverkennbar, selbst wenn mehrere Richtungen einander kreuzen, sind in Folge der geradlinigen Anordnung der einzelnen Halden zu ganzen Haldenzügen die Gänge, während eine ganz unregelmässige Lage der Halden im Allgemeinen auf Flötze, Stockwerke oder flachfallende Lager hinweist. Folgen solche Halden ganz ausschliesslich den Thalzügen, so wird man leicht aus ihrer Beschaffenheit ermitteln können, ob man es mit Ganghalden oder mit sogen. Raithalden, d. h. den aus der Bearbeitung von Seifenlagern hervorgegangenen Halden, zu thun hat. Aus dem Innern der Halden lässt sich in vielen Fällen noch die Beschaffenheit der Lagerstätte wiedererkennen, die Art der Verknüpfung der Erze mit den Gangmineralien und die Beschaffenheit der Nebengesteine. Nicht minder hat man auf die Spuren alten Hüttenbetriebes zu achten, da in den meisten Fällen derselbe im Alterthum sich nicht weit von den Lagerstätten der Erze entfernte. Auch hier wird die Beschaffenheit des Schlackenmaterials oder gar die Auffindung von Resten der angelieferten Erze bisweilen Schlüsse auf die Natur der Lagerstätte gestatten.

Auf Gängen, die edle Metalle (Gold und Platin) führen, ist dasselbe in dem der Tagesoberfläche zunächst gelegenen Theile der Lagerstätte gewöhnlich in gediegenem Zustande vorhanden und in Folge dessen gegen die Angriffe der Atmosphärilien ausserordentlich widerstandsfähig. Unterliegen nun derartige Lagerstätten der Erosion und Abtragung, so findet in sehr vielen Fällen durch das Gewässer, welches die Trümmerstücke fortschafft, eine Anreicherung der Metalle statt, die so weit geht, dass dieselben auf der sekundären Lagerstätte reicher vorkommen, als in der ursprünglichen. Man nennt solche von Bächen und Flüssen erzeugten erzführenden Ablagerungen „Seifen". Die Beschaffenheit der die Metalle einschliessenden Materialien ist sehr verschieden, je nach dem Gefälle des Gewässers und nach der Entfernung der Seife vom anstehenden Gestein, also nach der Länge des Transportes. In sehr häufigen Fällen sind die Seifenlager nicht reine Sande oder Schotter, sondern vielmehr reich an thonigen Bildungen und besitzen dann einen ziemlich lehmigen Charakter; auch kann derselbe in ursprünglich reinen Ablagerungen durch spätere Verwitterung und Zersetzung nachträglich erzeugt sein. Ausser den genannten beiden edlen Metallen sind es besonders die Zinnerze, welche sehr häufig in Seifen auftreten und ausgebeutet werden. Es giebt kein äusserliches Erkennungszeichen, ob eine Ablagerung des fliessenden Wassers Erze oder Metalle enthält oder nicht, wohl aber kann man bei der Untersuchung solcher Gebilde solche Punkte aufsuchen, auf denen von vornherein eine Anreicherung der etwa vorhandenen Erze mit Sicherheit zu erwarten ist; denn da bei dem Transport des Materials im fliessenden Wasser eine natürliche Aufbereitung nach Korngrösse und spezifischem Gewicht eintritt, so ist es selbstverständlich, dass die so ausserordentlich schweren edlen Metalle und Erze an bestimmten hierzu günstigen Stellen eine ganz besondere Anreicherung erfahren müssen. Solche günstigen Punkte, die zur näheren Untersuchung in erster Linie geeignet sind, sind die folgenden: 1. Diejenigen Stellen, wo die Thalsohle aus stärkerem Gefälle plötzlich in ein geringeres übergeht, also z. B. an Stellen, an denen ein harter Querriegel das Thal durchsetzt und das Wasser aufstaut, oder eine Erweiterung des Thales zu einer Verlangsamung der Strömung führt, oder wo das Thal sich plötzlich stark zusammenzieht. 2. Solche Stellen, an denen mehrere Thäler zusammenstossen, vorausgesetzt, dass die Lagerstätten, denen die Seifen entstammen, im Gebiete aller dieser Thäler aufsetzen. 3. Unter Wasser-

fällen und überhaupt an den Stellen, an denen eine sehr starke Strömung eine kräftige Sonderung bewirkt. 4. Diejenigen Stellen, wo eine Lagerstätte den Lauf der Gewässer quert. 5. Ein reicherer Gehalt ist häufig in den untersten Schichten der Flussanschwemmung, unmittelbar auf dem Untergrunde zu erwarten. 6. Ganz besonders günstig sind die Fälle, in denen dieser Untergrund eine unebene Oberfläche besitzt oder von Spalten und Klüften durchzogen ist, in denen die niedergesunkenen schweren Stücke vor weiterem Transport geschützt waren. Auf solche Stellen hat man also die Aufmerksamkeit zu wenden und durch Aufgrabungen oder Bohrungen Proben zur Untersuchung zu entnehmen. Die Untersuchung selbst erfolgt genau in derselben Weise wie die Gewinnung des Materials aus den Seifen, d. h. durch Auswaschen und Sondern nach dem spezifischen Gewichte. Man bedient sich dazu zweckmässig eines sogen. Sichertroges, d. i. ein flaches, hölzernes Gefäss, auf welchem man die zu untersuchenden Schuttmassen durch Behandlung mit Wasser unter vorsichtigem Stossen und Bewegen des Gefässes zu sondern sucht. Man verfährt dabei in folgender Weise:

Man bringt die durch Auswaschen von den thonigen und durch Sieben von den groben Bestandtheilen befreite Seifenprobe auf das obere breite Ende eines sich nach unten verjüngenden muldenförmigen Sichertroges (Fig. 176) von etwa 40 cm Länge, 10 cm oberer und 5 cm unterer Breite und 3 cm Vertiefung. Für Golderze wählt man für den Trog wohl noch geringere Ausmasse, wie sie in Figur 176 rechts dargestellt sind. Das Gemenge von Sand und Erz

Fig. 176.



wird mit Wasser angerührt, und sodann ununterbrochen Wasser in dünnem Strahle zugeleitet. Dabei fasst man das schmale Ende des Troges mit der linken Hand, neigt den Trog etwas nach dem breiteren Ende, giebt mit der rechten Hand an letzteres einen Stoss und hebt dieses gleichzeitig etwas, wobei die leichteren Theile weggespült werden. Man wiederholt diese Prozedur (Neigen des breiten Endes, Daranklopfen und Heben desselben) so oft, bis die

Substanz hinreichend gereinigt und der etwaige Erz- oder Metallgehalt etwas konzentrirt ist. Man kann sich auch einer eisernen, muldenförmig vertieften, quadratischen Schaufel von 40 cm Seitenlänge bedienen, indem man die mit Wasser angerührte Probe auf der Schaufel in eine zweifache Bewegung setzt: eine rotirende zum Abschlämmen der leichteren Theile und eine von oben nach unten und von vorn nach hinten gehende, um eine Sonderung der auf der Schaufel noch bleibenden leichteren Theile von den schwereren an verschiedenen Stellen des Troges zu bewirken [1]).

Hat man durch irgend welche Beobachtung die Ueberzeugung gewonnen, dass man innerhalb eines engbegrenzten Gebietes das Ausstreichen einer gesuchten Lagerstätte zu erwarten hat, so unterwirft man dasselbe einer näheren Untersuchung durch Schürfen. Man versteht darunter die Freilegung des anstehenden Gesteins und die Abräumung des darüberlagernden Verwitterungsschuttes durch sogen. Schurfgräben. Es sind das schmale Gräben von einer solchen Tiefe, dass ihre Sohle den über dem Anstehenden liegenden Verwitterungsschutt durchschneidet und das erstere blosslegt. Bei lagerförmigen Vorkommnissen zieht man diese Schurfgräben so, dass sie rechtwinklig zum Streichen der Schicht dieselbe schneiden. Bei gangförmigen Vorkommnissen wird es, so lange man nicht die allgemeine Streichrichtung der Gänge und Spalten des betreffenden Gebietes kennt, nöthig sein, Schurfgräben mindestens in zwei auf einander senkrechten Richtungen zu ziehen. Man verfährt bei der Arbeit so, dass man zunächst ein Stück der Gräben aushebt und dann bei der Fortführung der Arbeit mit dem vorn gewonnenen Abraummaterial den rückwärts liegenden Theil des Grabens wieder ausfüllt; man muss dabei selbstverständlich Sorge tragen, dass diejenige Stellen, die durch irgend welchen Umstand sich verdächtig machen, für nähere Untersuchung offen liegen bleiben.

Kapitel 44.

Die Untersuchung von Torfmooren für technische und landwirthschaftliche Zwecke.

Die Methoden, die bei der Untersuchung von Torfmooren zur Anwendung gelangen, sind verschieden je nach dem Zwecke, den

[1]) Kerl, Probirkunst. S. 19.

man dabei verfolgt. Es kann sich darum handeln, festzustellen, erstens, ob das betreffende Moor sich eignet zur Anlage von sogen. Moorkulturen, zweitens, ob es die Gewinnung eines guten Brennmaterials in ausreichender Menge gestattet, drittens, ob es zur Fabrikation von Torfstreu geeignet ist, oder viertens, ob es der Schüttung eines Strassen- oder Eisenbahndammes Schwierigkeiten zu bereiten vermag.

Auf die Verwendung der Moore zu chemischen Zwecken, zur Herstellung von Alkohol oder stickstoffhaltigen Düngemitteln, brauche ich hier nicht einzugehen, da derartige Unternehmungen sich vorläufig noch im Stadium des Laboratorium-Versuches befinden.

1. Moorkulturen. Ich muss hier als bekannt voraussetzen, was man darunter versteht, und bemerke nur, dass man zwei Arten von Moorkulturen unterscheidet, bei deren einer der auf das Moor aufzubringende Boden dem Untergrunde entnommen wird, während er bei der zweiten Art von anderen Stellen herbeigeführt wird. Wenn man sehen will, ob ein Moor sich für Moorkulturen eignet, so stellt man zunächst fest, welche dieser beiden Arten der Sandaufbringung in Anwendung kommen kann. Die erstgenannte ist nur dann ausführbar, wenn die Mächtigkeit des Moores einen bestimmten Betrag, der auf höchstens $^3/_4$ m angenommen werden kann, nicht überschreitet. Es handelt sich also darum, die Mächtigkeit des Moores genau festzustellen. Man ermittelt sie in einfachster Weise mit Hülfe von Bohrern von der im 1. Kapitel angegebenen Konstruktion und untersucht das Moor möglichst auf parallelen Linien, deren Abstand von einander zweckmässiger Weise 50 m nicht überschreitet, unter Umständen aber noch enger gewählt werden kann. Die Zahl der Bohrungen, die man auf diesen Linien niederbringt, resp. der Abstand der einzelnen Bohrungen von einander ergiebt sich ganz von selbst bei Ausführung der Arbeit, indem man, wenn die Mächtigkeit des Moores eine sehr gleichmässige ist, selbstverständlich die einzelnen Bohrlöcher in grösseren Entfernungen von einander stossen kann, als wenn jene auf kurze Strecken rasch wechselt. Bei sorgfältiger Abbohrung ist es möglich, vom Untergrunde des Moores eine Karte anzufertigen, welche die Mächtigkeit des Torfes durch Linien ausdrückt, ähnlich den Höhenlinien der topographischen Karten, nur mit dem Unterschiede, dass hier die Linien Flächen von gleicher Moor-

mächtigkeit umschliessen. Man kann als Abstand solcher Linien von einander je nach den Verhältnissen viertel, halbe oder ganze Meter wählen. Ist die Mächtigkeit des Moores festgestellt, so hat sich die Untersuchung in denjenigen Flächen, die durch ihre weniger als $^3/_4$ m betragende Torfmächtigkeit geeignet erscheinen für die Entnahme des Sandauftrages aus dem Untergrunde des Moores, einer weiteren Prüfung zu unterwerfen, die sich auf die Beschaffenheit desselben bezieht. Derselbe ist nämlich nur dann brauchbar, wenn er aus einem nicht zu feinkörnigen Sande besteht, der frei von schädlichen Bestandtheilen, vor allen Dingen von Schwefelsäure und Schwefeleisenverbindungen, ist. Die Feststellung des Vorkommens oder Fehlens dieser Bestandtheile ist Sache der chemischen Analyse, und man wird deshalb gut thun, die durch Aufgrabungen an einer ganzen Anzahl von Punkten gewonnenen Proben des Untergrundes einem Chemiker zur weiteren Untersuchung anzuvertrauen. Ist das Moor so mächtig, dass an eine Entnahme des Auftrages aus dem Untergrunde nicht zu denken ist, so kommt es darauf an, festzustellen, ob innerhalb des Moores inselartige Sandflächen auftreten, oder ob an seinen Rändern geeignete Sandmassen in solcher Entfernung sich finden, dass die Erdbewegung nicht zu kostspielig wird. Ist dies der Fall, so ist auch dieses Material vorher einer Untersuchung auf etwaiges Vorkommen schädlicher Beimengungen zu unterwerfen. Am geeignetesten für Moorkulturen haben sich allezeit unverwitterte Diluvialsande erwiesen, da dieselben erstens einen nennenswerthen Feldspathgehalt besitzen, der bei der Verwitterung Pflanzennährstoffe abzugeben vermag, und zweitens über einen Kalkgehalt verfügen, der die Kosten der unbedingt erforderlichen künstlichen Kalkung der Moorkulturen vermindert. Ein grobes Korn dieser Sande und selbst ein Auftreten von zahlreichen kleineren Steinen in ihnen ist kein Hinderniss für die Verwendung zu Moorkulturen. Selbst sehr sandige Geschiebemergel, die in Folge ihres reichen Sandgehaltes leicht zerfallen, sind in vielen Fällen mit Erfolg als Auftrag auf Mooren verwendet worden.

Der dritte Punkt, der der Untersuchung bedarf, ist die Beschaffenheit des Moores selbst. Der Geologe wird sich darauf zu beschränken haben, an einer Anzahl von Stellen aus verschiedenen Tiefen Proben des Moores zu entnehmen und diese einem Chemiker zur weiteren Untersuchung auf Stickstoff und andere Körper zu übergeben.

2. Ausnutzung der Moore zu Heizmaterial. Die Untersuchung eines Torfmoores darauf hin, ob es geeignet ist, einen brauchbaren, für Heizzwecke geeigneten Brenntorf zu liefern, ist sehr einfach. Man gräbt an verschiedenen Stellen im Moore Probelöcher, formt aus dem Material Probestücke, lässt dieselben trocknen und prüft dann durch praktische Anwendung ihre Qualität. Anders liegt dagegen die Sache, wenn es sich um eine Fabrikation im grösseren Massstabe handelt, bei welcher ein Brennmaterial von höherem Werthe auf künstlichem Wege erzielt werden soll, d. h. also bei der beabsichtigten Fabrikation von Torfbrikets und von Torfkoks. Die letztere Verwerthung wird nur da zur Anwendung gelangen, wo man Verwendung für das bei der Fabrikation sich ergebende Gas hat, oder vielmehr die Koksgewinnung wird immer nur ein Nebenprodukt der Torfgasfabrikation sein. Bei der Verwendung des Torfes zu Torfbrikets kommt in Frage einmal der Aschengehalt, zweitens die Struktur und drittens die chemische Zusammensetzung des Torfes. Der Aschengehalt wird bestimmt, indem man ein kleines abgewogenes Quantum von bei 100° C. getrocknetem Torf in einem Porzellantiegel so lange erhitzt, bis der Kohlenstoff vollständig verbrannt ist, was man daran erkennt, dass beim Beendigen des Erhitzens in der Substanz kein Glimmen mehr wahrnehmbar ist. Man lässt die Asche im Exsikkator erkalten und wägt sie alsdann. Die Struktur des Torfes ist an Ort und Stelle durch Aufgrabung oder durch Entnahme mit einem grösseren Teller- oder Löffelbohrer zu prüfen. Je schwärzer und gleichmässiger das Aussehen des Torfes ist, um so besser eignet er sich zur Briketfabrikation; je heller und je loser, faseriger seine Struktur ist, um so ungeeigneter wird er erscheinen. Bei intensivem Betriebe wird es natürlich nöthig sein, auch die Mächtigkeit des Torfmoores vorher genau festzustellen, da bei geringmächtigen Mooren die auszubeutenden Flächen leicht einen übermässigen Umfang annehmen würden. Diese Prüfung erfolgt in derselben Weise, wie bei 1. erwähnt, durch dünne eiserne Stangen, deren Länge bis zu 5 m betragen darf.

3. Gewinnung von Torfstreu. Einer derartigen Verwendung sind alle diejenigen Moore fähig, die in der Hauptsache durch die vegetative Thätigkeit von Moosen aus der Gruppe der Sphagneen und Hypneen aufgebaut sind. Sie zeichnen sich durch ihre ausserordentlich lose Struktur aus, in welcher man die einzelnen

Moosstämmchen und Blättchen noch deutlich erkennen kann, durch ihre helle, gelbliche Farbe, durch ihr ausserordentliches Aufsaugungsvermögen für Flüssigkeiten und durch ihr im trockenen Zustande sehr geringes spezifisches Gewicht. Solche Moosmoore lassen sich durch direkte Untersuchung mittelst Bohrungen erkennen, verrathen sich aber auch ohne diese schon in allen denjenigen Fällen, in denen sie im naturwüchsigen Zustande noch heute daliegen, durch die auf ihnen sich findende Pflanzendecke. Dieselbe ist durch eine Reihe von niedrigen, strauchigen Pflanzen charakterisirt, die im Kapitel 19 aufgezählt sind. Auch orographisch treten die Moosmoore vielfach hervor, wenn sie den Charakter der sogen. Hochmoore besitzen. Es sind das Moore, die in den meisten Fällen nicht von höher gelegenem Terrain eingeschlossen werden, sondern vielmehr ihre Umgebung überragen und von den Rändern nach ihrer Mitte zu ansteigen, ein Verhalten, welches dem der meisten aus schwarzem Grastorf aufgebauten Grünlandsmoore direkt entgegengesetzt ist. Während aber die Hochmoore wohl ausschliesslich zugleich Moosmoore sind, sind durchaus nicht alle Grünlandsmoore frei von Moostorf. Es giebt vielmehr auch unter ihnen eine ganze Anzahl, die entweder ganz oder zum Theil aus Moostorf aufgebaut sind, und zwar sind das solche, bei denen der Vertorfungsprozess eines Seebeckens durch schwimmendes Moos eingeleitet, bis zum Verschwinden des Wasserspiegels weiter geführt und hierauf durch an der Oberfläche wachsendes Moos aus den genannten zwei Familien zu Ende gebracht ist. Man wird also beim Aufsuchen von Moostorflagern gut thun, auch die in geschlossenen Depressionen liegenden Wiesenmoore nicht unbeachtet zu lassen.

4. Die Frage, ob ein Moor der Hindurchführung eines Eisenbahndammes Schwierigkeiten zu bereiten geeignet ist oder nicht, ist eine für den Ingenieur sehr wichtige. Ungenügende Untersuchung der Moore in diesem Sinne hat bei zahlreichen Eisenbahnbauten schwere Kosten verursacht, die im anderen Falle leicht zu vermeiden gewesen wären. Es kommt bei dieser Prüfung an auf die Mächtigkeit des Moores, sowie auf die Struktur und die Beschaffenheit des Untergrundes. Gering mächtige Moore mit festem Sanduntergrunde können bedingungslos als ungefährlich bezeichnet werden. Auch mächtigere Moore, deren Struktur eine gleichmässig dichte ist, und deren Untergrund ebenfalls aus Sand besteht, sind

geeignet, einen aufgeschütteten Damm zu tragen. Anders liegt die Sache, wenn der Untergrund eines Moores aus Wiesenkalk oder aus jenem eigenthümlichen, aus feinsten organischen Substanzen zusammengesetzten, grünlichen, modderartigen Schlamme besteht, der in der Geologie mit dem dem Schwedischen entlehnten Kunstausdrucke „Gytja“ bezeichnet wird. Besitzt der Gytja- und Kalkuntergrund eine grosse Mächtigkeit, so liegt die Gefahr nahe, dass das Moor durchbricht, der Damm in die Tiefe sinkt und auf dem Grunde des Moores seitlich sich ausbreitet, und es kann dann das Bemühen, durch fortgesetzte Schüttung den Damm zum Stehen zu bringen, entweder nur mit ungeheuren Geldopfern durchgeführt werden oder erweist sich womöglich trotz derselben als ganz undurchführbar. Ergiebt die vorherige Untersuchung eines Moores also eine grosse Moormächtigkeit, wässerige Konsistenz des Moores und eine der beiden aufgeführten Bildungen in grösserer Mächtigkeit (1—2 m) als tieferen Untergrund, so wird es immer empfehlenswerth sein, lieber die Linie abzuändern und um das Moor herumzugehen, oder es an einer anderen, besser geeigneten Stelle zu kreuzen, als auf gut Glück die Dammschüttung ins Werk zu setzen. Es wird bei derartigen Mooruntersuchungen nöthig sein, auch grössere Moortiefen zu durchbohren; steigen dieselben über 5 m, so ist eine Bohrstange von der im 1. Kapitel angegebenen Konstruktion nicht mehr möglich, weil dieselbe beim Aufsetzen abbrechen würde. Man thut dann gut, mehrere Stangen von je 4 m Länge zu nehmen, die sich auf einander schrauben lassen, und man stösst dann zunächst die mit dem Löffel am unteren Ende versehene bis nahezu an ihr Ende in das Moor hinein und schraubt dann die zweite und später eventuell die dritte Stange auf.

Es ist nöthig, wenn man geringe Moortiefen findet, noch wenigstens 2 m tief in den Untergrund des Moores hinein zu bohren, um sich zu überzeugen, ob nicht etwa darunter noch einmal eine Moormasse von grösserer Mächtigkeit folgt. Es ist nämlich ein allerdings nicht sehr häufiger Fall, dass ein See zunächst vertorfte und dass dann in dieses Becken grosse Sand- oder Thonmassen hineintransportirt wurden, die durch ihren Druck die Moordecke zusammenpressten, so dass ein neues, flaches Wasserbecken sich bildete. Dasselbe vertorfte dann von Neuem und lieferte eine zweite Torfdecke, die von der ersten durch eine einen anscheinend soliden Untergrund darstellende Erdschicht getrennt ist.

D. Einige besondere Methoden.

Kapitel 45.

Die Messung der Geschwindigkeit bewegter fester Körper. (Dünen und Gletscher.)

Geschwindigkeitsmessungen an Dünen kommen dann in Frage, wenn dieselben sich im Zustande der Bewegung befinden und den Charakter der Wanderdünen besitzen. Da die Masse der Düne kahl und vegetationslos ist, so bietet ihre ausserdem in ununterbrochener Veränderung befindliche Oberfläche keinerlei Merkzeichen, an welchen man sich über die Geschwindigkeit ihres Vorrückens orientiren könnte. Man muss sich also zu diesem Zwecke an feste Gegenstände halten, die sich ausserhalb der Düne befinden, und ihr Lage zu bestimmten Punkten der Düne fixiren. Die weitaus meisten Wanderdünen haben eine ausserordentlich gleichförmige Bewegungsrichtung und fallen in derselben mit einem Steilrande ab, der entweder eine gerade Linie bildet oder, was weit häufiger ist, bogenförmig gekrümmt ist. Man thut nun am besten, vor der „Stirn" der Wanderdüne eine Reihe von Pfählen einzuschlagen, dieselben zu nummeriren und den Abstand eines jeden Pfahles von dem ihm zunächst befindlichen Punkte des vorderen Randes der Wanderdüne durch Messung mit der Kette oder durch sorgfältiges mehrmaliges Abschreiten zu ermitteln. Ist das Vorland der Düne nicht kahl, sondern mit Wald bestanden, so kann man an Stelle der Pfähle mit besserem Erfolge bestimmte Bäume, die ja doch dem Verderben geweiht sind, durch Axthiebe mit einem Zeichen versehen oder auch an blossgeschälten Stellen mit grossen eingeschnittenen Nummern markiren und ihre Beziehungen zur Lage des Steilrandes ebenfalls durch Messungen feststellen. Nur muss man sicher sein, dass die gezeichneten Bäume nicht in der Zwischenzeit zwischen zwei Beobachtungen gefällt werden. Da, wie es scheint, die Geschwindigkeit der Wanderdünen umgekehrt proportional ist der Grösse der Fläche eines der Bewegungsrichtung parallelen Längsschnittes durch die Düne, so muss man naturgemäss bei niedrigen Wanderdünen die Merkpunkte in etwas grösseren Entfernungen vom Rande der Düne wählen, als bei sehr hohen. Ein Abstand von 30 m dürfte bei jährlich einmaliger

Beobachtung auch für die am schnellsten wandernden Dünen genügen, ein solcher von 10 m für solche, deren Höhe mehr als 20 m beträgt. Da die verschiedenen in der Bewegungsrichtung gedachten Längsschnitte durch die Düne Profile von ganz verschiedenem Flächeninhalte ergeben, so wandert eine jede Düne in ihren einzelnen Theilen verschieden schnell, und es ist deshalb ausser der Bewegung der Gesammtmasse auch noch die Veränderung in der Form des Stirnrandes der Beobachtung zu unterwerfen. Auch diese Veränderungen ergeben sich sehr einfach durch Vergleich der Lagebeziehungen der Pfähle oder markirten Bäume in zwei auf einander folgenden Beobachtungsjahren. Ragen durch die Wanderdünen die Spitzen verschütteter Bäume hindurch, so liefern dieselben einen Fixpunkt innerhalb der Düne, den man sehr gut zu kontrolirenden Messungen benutzen kann.

Bei Gletschern sind ganz andere Methoden der Messung erforderlich. Da durch Abschmelzen des Eises in den randlichen Gebieten eine dauernde Massenverminderung stattfindet, so kann die Geschwindigkeit der absoluten Bewegung des Eises nicht an ausserhalb des Gletschers liegenden Dingen gemessen werden. Man muss vielmehr hier seine Fixpunkte auf dem Gletscher selbst anbringen und diese in Bezug auf ihre Lage zu einem oder mehreren, ausserhalb des Gletschers liegenden festen Punkten bestimmen. In den meisten Fällen verfährt man in der Weise, dass man quer über einen Thalgletscher hinüber parallele Reihen von Pfählen, deren jede durch eine besondere Farbe ausgezeichnet ist, auf der Oberfläche des Gletschers in bestimmten, sich gleich bleibenden Abständen befestigt, durch Nivellement und Winkelmessung von je einem bestimmten Punkte der beiden Seiten ausserhalb des Gletschers die Position eines jeden Pfahles einmisst und alsdann in regelmässigen Intervallen, deren Grösse von der Bewegungsgeschwindigkeit des Gletschers und von der wünschenswerthen Genauigkeit der anzustellenden Ermittelungen abhängt, vergleicht. Die Verschiebung der Pfahlreihen und die Lage der einzelnen Pfähle ergiebt in solchen Fällen ein ganz genaues Bild der Eisbewegung in den einzelnen Theilen des Gletschers, wenigstens auf seiner Oberfläche. Will man in minder komplizirter Weise vorgehen, so kann man sich auch auf dem Eise selbst befindliche, durch ihre Form ausgezeichnete und dadurch mit Sicherheit immer wieder kenntliche Gegenstände auswählen und die Bewegungs-

geschwindigkeit des Eises durch Beobachtung von einem ausserhalb des Gletschers liegenden Punkte aus an ihnen messen. Am besten eignen sich zu solchen Zwecken grosse, auf der Oberfläche des Gletschers getragene Felsblöcke, die zumeist in der Form der sogen. Gletschertische auftreten. — In ganz anderer Art muss man diejenige Bewegung des Gletschers messen, die man als relative bezeichnen könnte, d. h. die durch das wechselnde Verhältniss zwischen randlicher Abschmelzung und Eisnachschub bedingte Lage des unteren Gletscherendes. Dasselbe liegt selten innerhalb grosser Perioden ganz fest, sondern befindet sich gewöhnlich in einem Zustande entweder langsamen Zurückweichens oder langsamen Vorrückens, Bewegungen, die gewöhnlich innerhalb bestimmter Perioden gleichmässig sind und in ziemlich gleicher Weise bei den Gletschern ein und desselben Gebietes sich geltend machen. Sie werden gemessen in derselben Weise, wie die Bewegung der Wanderdünen, indem man, wenn ein Gletscher im Zurückgehen begriffen ist, an seinem unmittelbaren Rande durch Reihen von mit Farbenzeichen versehenen Steinen die Lage des Eisrandes fixirt und nach Ablauf einer gewissen Periode konstatirt, wie weit von diesen Marksteinen der Gletscherrand zurückgewichen ist. Ist ein Gletscher im Vorrücken begriffen, so muss man natürlich die Marksteine in einer bestimmten Entfernung vor dem Gletscherrande und parallel mit demselben anordnen, und vermag dann in derselben Weise wie bei den Dünen durch Vergleich der Lage in zwei verschiedenen Beobachtungszeiten ganz genau die Art der Bewegung und die Verschiedenheit ihrer Intensität in den verschiedenen Theilen zu ermitteln.

Um die den Untergrund betreffende abscheuernde Einwirkung des Gletschers (Exaration) durch einen zahlenmässigen Ausdruck belegen zu können, hat Baltzer am unmittelbaren Rande eines im Vorrücken begriffenen Gletschers im anstehenden Gestein eine Anzahl von senkrechten Bohrlöchern von einigen Dezimetern Tiefe anbringen lassen, die Lage derselben kartographisch genau fixirt und ihre Tiefe bis auf 1 mm genau festgestellt. Wenn der Gletscher in einer späteren Periode des Zurückweichens das betreffende Gebiet wieder freigegeben haben wird, wird es möglich sein, aus der verminderten Tiefe dieser Bohrlöcher den Betrag der vom Gletscher geleisteten Abrasionsarbeit ziffernmässig auszudrücken.

Kapitel 46.

Beobachtungen bei Erdbeben.

Für die Untersuchung von Erdbeben sind die Beobachtungen nach drei Richtungen hin auszudehnen: erstens ist festzustellen die räumliche Verbreitung eines Erdbebens und der Zeitpunkt, an welchem es innerhalb derselben an den einzelnen Punkten beobachtet wurde; zweitens ist die Richtung des Erdbebenstosses zu ermitteln und drittens sind die Wirkungen zu untersuchen, die es ausgeübt hat. In vortrefflicher Weise hat Penck [1]) gezeigt, worauf der einzelne Beobachter im Momente eines Erdbebens zu achten hat. Er schreibt: Man suche vor allem die Geistesgegenwart zu wahren; im Moment, wo eine Erschütterung des Bodens eintritt, blicke man zur Uhr und stelle die Zeit fest, dann aber richte man das Auge auf schwebende Gegenstände, Hängelampen, Ampeln etc., und beobachte deren Schwingungen nach Grösse und Richtung in Bezug auf benachbarte Gegenstände. Unterdessen zähle man langsam, etwa im Sekundentempo, und merke sich, bei welchen Ziffern neue Erschütterungen vorkommen. Alles dies, was meist im Zeitraume von Bruchtheilen einer Minute zu geschehen hat, notire man sofort, ohne sich von dem kommenden Gefühle der Bangigkeit und Unruhe packen zu lassen.

Besondere Aufmerksamkeit verdienen die Ufer stehender Gewässer, von grossen Teichen, von Binnenseen, wie endlich des Meeres. Es fragt sich, ob ihr Spiegel durch die Erschütterung ins Schwanken geräth, ob die Wasser zurücktreten, wiederkommen und von Neuem weichen. Umwohner von Binnenseen sollten daher während eines Erdbebens ihren Blick dem Seegestade zuwenden, um allenfallsige Schwankungen zu beobachten, deren zeitlicher Verlauf zu notiren ist. Vielfach endlich werden Quellgänge von den Erschütterungen verändert, manche Borne versiegen und geben erst nach einer Weile wieder Wasser. Einschlägige Fälle möchten wie die übrigen Gefolgserscheinungen von Erschütterungen kritisch und umsichtig festgestellt werden, denn nur zu oft wird gedankenlos irgend ein Phänomen, welches unbeachtet längst bestand, auf einmal einem

---

[1]) Anleitung zur deutschen Landes- und Volksforschung. Stuttgart 1889. S. 48.

Erdbeben zugeschrieben. Es ist daher unbedingt nothwendig, dass eine völlige, zeitliche Uebereinstimmung zwischen beiden nachgewiesen werde.

Es ist immer nothwendig, für die Untersuchung eines Erdbebens die Beobachtungen einer Menge von Menschen zu sammeln, und es sind zu diesem Zwecke Fragebogen von verschiedenen Kommissionen ausgearbeitet worden, aus denen hervorgeht, was alles zu beachten ist. Der Fragebogen der Schweizer, Württembergischen und Badischen Erdbebenkommission lautet wie folgt:

1. An welchem Tage und um wie viel Uhr (wenn möglich mit Angabe von Minuten und Sekunden) wurde das Erdbeben verspürt?

2. Wie geht die Uhr, an welcher die Beobachtung gemacht worden ist, im Vergleich mit der nächsten Telegraphenuhr oder sonstigen wissenschaftlich kontrolirten Uhr?

3. Wir bitten um genaue Ortsangabe der Beobachtung (Gemeinde, Lage in der Gemeinde, im Freien oder in Gebäuden, in welchen Stockwerken, in welcher Lage und bei welcher Beschäftigung des Beobachters wurden die Beobachtungen gemacht?).

4. Auf welcher Bodenart steht der Beobachtungsort (Fels, Schuttboden oder Torfboden etc.)?

5. Wie viele Stösse wurden verspürt und in welchen Zwischenräumen?

6. Welcher Art war die Bewegung (Schlag von unten, kurzer Seitenruck oder langsames Schwanken, wellenförmig, blosses Zittern etc. etc. War sie, im Falle mehrerer Stösse, verschieden bei den verschiedenen Stössen? Womit war die Bewegung zu vergleichen? Wie wirkte sie auf den Beobachter)?

7. Von welcher Richtung her kam der Stoss, und in welcher Richtung schien sich die Bewegung fortzupflanzen?

8. Wie lange schienen die Stösse und wie lange das etwa nachfolgende Zittern zu dauern?

9. Welche Wirkungen übte die Erschütterung aus? (Besonders werthvoll ist genaue Richtungsangabe einer etwaigen Verschiebung von Möbeln, des Schwankens von Flüssigkeiten in Gefässen oder von Hängelampen u. dergl.; wie sind die Wände gerichtet, an denen Pendeluhren zum Stillstehen gebracht worden sind, und wie diejenigen, an welchen die Bilder schwankten. Ferner Angaben über Umfallen von Gegenständen u. dergl. Wenn sogar Risse in Gebäuden entstanden sind, in welcher Richtung stehen dieselben,

und wie stehen die zerrissenen Mauern? Nach welcher Seite sind Kamine gestürzt? Zuschlagen oder Aufspringen von Thüren, Fenstern etc. und alle derartigen Beobachtungen bitten wir hier zu notiren.)

10. Wie unterschied sich dieses Erdbeben von anderen, vom gleichen Beobachter schon wahrgenommenen?

11. Wurde ein Geräusch wahrgenommen, und welcher Art war dasselbe (blosses Aechzen des Hausgebälkes oder unterirdisches Donnern, Klirren oder Rasseln etc., war es ein Knall oder anhaltendes Rollen etc.)?

12. Ging das Geräusch der Erschütterung voran, oder folgte es ihr nach, und wie lange dauerte dasselbe im Vergleich zu der Dauer und den Zwischenzeiten der Stösse?

13. Welche sonstigen Nebenerscheinungen wurden beobachtet? (Wie z. B. Benehmen von Thieren, Versiegen oder Trüben von Quellen, Waldrauschen, heftiger gleichzeitiger Windstoss, abnorme auffallende Witterungserscheinungen und vieles Andere mehr.)

14. Welche Beobachtungen wurden an Seen oder kleineren Wasserflächen gemacht?

15. Sind noch schwächere Erschütterungen vor- oder nachher beobachtet worden und zu welcher Zeit?

16. Können Sie noch weitere zuverlässige Beobachtungen anderer Personen aus Ihren Umgebungen in diesem Fragebogen aufführen oder uns Adressen von Personen notiren, welche in der Lage wären, einen Fragebogen ganz oder theilweise auszufüllen?

Für die genauere Ermittelung der Zeit des Eintritts eines Erdbebens sind folgende Anleitungen aufgestellt [1]):

Wer in der Lage ist, den Stand einer guten Pendeluhr oder eines Taschenchronometers durch direkte astronomische Zeitbestimmungen zu ermitteln, wird die für den Eintritt des Bebens abgelesene Zeit meist leicht auf kleine Bruchtheile der Minute verbürgen können, da bei einem solchen Beobachter auch die erforderliche Sicherheit im Schätzen der etwa zwischen Eintritt der Erschütterung und Uhrablesung verflossenen Zeit vorhanden ist. Es bedarf hier auch nicht der Aufforderung, Zeitbestimmungen möglichst bald nach Wahrnehmung des Bebens auszuführen, wenn nicht ohnehin die Uhr in Beziehung auf Gang und Stand unter fortlaufender Kontrole steht.

---

[1]) Hammer, Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg, 1887, S. 361.

Die grosse Mehrzahl der Beobachter ist jedoch auf Vergleichung ihrer Uhren mit anderweit kontrolirten Uhren, also insbesondere Bahn- und Telegraphenuhren, angewiesen. Es sind dabei die folgenden Punkte zu beachten:

1. Statt der Benutzung des Sekundenzeigers ist bei gewöhnlichen Taschenuhren die Ablesung auf Bruchtheile der Minute anzurathen. In Folge von Verstellungen des Minutenzeigers findet zwischen letzterem und dem Sekundenzeiger meist keine Uebereinstimmung statt; auch wenn an einer bestimmten Stelle des Zifferblattes der Minutenzeiger scharf zur Deckung mit einem Minutenstrich gebracht wird, während der Sekundenzeiger auf 0 steht, finden an anderen Stellen in Folge der Exzentrizität des Drehungspunktes des Minutenzeigers gegen den Theilungsmittelpunkt wieder Abweichungen statt, so dass eine nicht reduzirte Ablesung der Sekunden die Gesammtablesung ebenso leicht verschlechtern als verbessern kann. Die Zifferblätter der Taschenuhren haben in der Regel 35—40 mm Theilungsdurchmesser, so dass 1 Minute der Theilung 1,9—2,1 mm lang ist. Es ist bei einiger Uebung damit ganz gut möglich, am Minutenzeiger $^1/_{12}$ Minute zu schätzen, doch wird man am besten im Allgemeinen bei Schätzung von 0,1 Minute stehen bleiben, die jedenfalls sicher zu bekommen ist.

2. Die etwa zwischen der Wahrnehmung der Erschütterung und der Ablesung der Uhr verfliessende Zeit schätzt man genügend durch Zählen der Sekunden. Bei einiger Uebung kommt man leicht dahin, eine, selbst 2 Minuten ohne Uhr nach Sekunden zu zählen, ohne einen Fehler befürchten zu müssen, der $^1/_{20}$—$^1/_{10}$ Minute übersteigt. Im Allgemeinen wird man, besonders bei einem stärkeren Stoss, geneigt sein, die Zwischenzeit zu überschätzen. Steht an der Uhr ein springender Sekundenzeiger zu Gebote, so ist es immerhin, auch mit Rücksicht auf die Fragen 5, 8, 12 und 15 des Fragebogens, zweckmässig, denselben möglichst gleichzeitig mit Wahrnehmung der Erschütterung auszulösen.

3. Die genaue Vergleichung der Uhr, an welcher die Beobachtung gemacht wird, mit der nächsten Bahn-, bezw. Telegraphenuhr ist unerlässlich. Unbestimmte Angaben zu Frage 2, wie „gewöhnlich einige Minuten nach“ oder „meistens etwa 10 Minuten vor“ haben wenig Werth. Diese Vergleichung sollte sobald als möglich nach der Beobachtung gemacht werden. Ausser dem Stand der beiden Uhren sollte in den geeigneten Fällen auch der Gang berücksichtigt werden, indem die Vergleichung zu

mindestens zwei, um einige Stunden verschiedenen Zeiten ausgeführt wird. Es muss dabei dann freilich der Gang der beiden Uhren, wenn nicht eine häufige Vergleichung derselben möglich ist, je als gleichförmig angenommen werden; immerhin wird die Berücksichtigung einer auf diese Annahme gegründeten Gangkorrektion die Zeitangabe verschärfen.

Die Bestimmung der Erdbebenrichtung mit Hülfe der zum Theil äusserst komplizirten neueren Apparate (Seismometer und Seismographen) würde uns hier zu weit führen. Wohl aber mögen hier die Anleitungen noch Platz finden, die Heim zur Feststellung der Stossrichtung aus Beobachtung der Erdbebenwirkung gegeben hat [1]). Wenn die Erschütterung so stark ist, dass Gegenstände umfallen, von Tischen geworfen werden etc. oder die Möbel sich verschieben, so soll stets die Himmelsrichtung, in welcher dies geschehen ist, so genau als möglich notirt werden, bevor die Lage der Gegenstände wieder verändert wird. Bei manchen Erdbeben fallen diejenigen Gebäudemauern um oder bleiben diejenigen unversehrt, welche senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Erschütterung stehen, während die Mauern, welche in der Radienrichtung liegen, Risse erhalten, aber nicht stürzen. Aus der Lage der Risse kann sogar einigermassen die Tiefe des Herdes erkannt werden. Notizen über die Lage der zerrissenen oder gestürzten oder dazwischen stehengebliebenen Mauern, sowie über die Lage der Risse in denselben, über die Richtung, in welcher Kamine gefallen sind etc., sind also stets von besonderem Werthe. Zur Stossrichtungsbestimmung dienen ferner Pendeluhren, welche durch die Erschütterung zum Stillstehen gebracht worden sind; es ist dann jeweilen die Richtung der Wand (oder der Schwingungsebene des Pendels) anzugeben, an welcher die Uhr hängt. Nur ein Stoss, welcher mehr oder weniger senkrecht zur Schwingungsebene steht, kann ein Pendel derart zum Ausschlagen bringen, dass es stillsteht. Umgekehrt kommen die Bilder, Spiegel etc. an den Wänden, welche in der Fortpflanzungsrichtung der Erdbebenwelle liegen, oft in Schwingungen. Es sollte dann niemals versäumt werden, die Himmelsrichtung derjenigen Wände genau anzugeben, wo die Gemälde in's Schwanken gerathen sind, und ebenso diejenige von Wänden in der gleichen Gegend, wo diese trotz vorhandener Gelegenheit unterblieben ist. Noch vortrefflichere Richtungsbestim-

---

[1]) Heim, A. Die Erdbeben und deren Beobachtung. Basel 1880.

mungen ergeben sich durch frei hängende Gegenstände, wie Lampen, Vogelkäfige etc.

Wenn eine solche Erscheinung beobachtet wird, sollte sofort die Schwingungsrichtung so genau als möglich notirt oder etwa mit einem Stift am Boden, der Decke oder der Wand bezeichnet werden, damit später eine genauere Messung mit Kompass und Gradbogen möglich wird. Ganz das Gleiche gilt von Flüssigkeiten in Gefässen von rundlichem Umfang, welche in schwankende Bewegung gerathen. Die Richtungen, zwischen denen die Flüssigkeit hin- und herschwankt, sollten notirt und berichtet werden. Es ist zu betonen, dass die Mittheilung der Stossrichtung, welche der Beobachter selbst fühlte, und solcher rein mechanisch sich äussernden Richtungen beide auch in demjenigen Falle werthvoll bleiben, wo sie sich zu widersprechen scheinen. Alle Angaben über mechanische Wirkungen, welche für die Stärke oder Schwäche des Stosses bezeichnend sind, und solche, welche die Bewegungsart charakterisiren, sind willkommen.

Arbeiten im Hause.

A. Methoden der Bodenuntersuchung.

Kapitel 47.

Zweck der Bodenuntersuchung. Probeentnahme.

Die Bodenuntersuchung [1]) beschäftigt sich sowohl mit der Zusammensetzung der als Träger in der Vegetation hervorragend wichtigen, oberen, mehr oder weniger gelockerten Verwitterungsrinde, als auch mit dem Gestein, aus welchem diese hervorgegangen ist. Die erstere wird gemeinhin als Ackerboden, Ackerkrume oder Oberkrume, das letztere als Untergrund bezeichnet. Die Untersuchung selbst kann entweder vom geognostischen oder vom landwirthschaftlichen Standpunkte aus erfolgen. Im ersteren Falle wird es hauptsächlich darauf ankommen, die petrographische Zusammensetzung und die Art und Weise der Entstehung der Ackerkrume aus dem unterlagernden, unverwitterten Gesteine, also mit anderen Worten den Gang der Verwitterung kennen zu lernen. Bei der Untersuchung vom landwirthschaftlichen Standpunkte aus wird man dagegen den Boden in erster Reihe in seiner Bedeutung für das Pflanzenleben in's Auge fassen und demgemäss nach folgenden Gesichtspunkten untersuchen:

1. Welches sind die Grössenverhältnisse der Bodengemengtheile und in welchen Mengen sind die Bestandtheile von bestimmter

[1]) Bei der Abfassung dieser Kapitel sind die beiden Werke: F. Wahnschaffe, Anleitung zur wissenschaftlichen Bodenuntersuchung, Berlin 1887 bei P. Parey, und A. Nowacki, Kurze Anleitung zur einfachen Bodenuntersuchung, Berlin 1885 bei P. Parey, ausgiebig benutzt worden.

Grösse vorhanden? Diese Frage beantwortet die mechanische Bodenanalyse.

2. In welchen Mengen sind die einzelnen Bodenkonstituenten Sand, Thon, Humus und Kalk im Boden vertreten? Diese Frage wird theils schon durch die mechanische Analyse, theils durch chemische Untersuchungsmethoden, die zum Theil mit ihr verbunden werden, beantwortet.

3. Welchen Gehalt besitzt der Boden an Pflanzennährstoffen?

4. Welche der Pflanzenernährung schädlichen Stoffe sind im Boden enthalten?

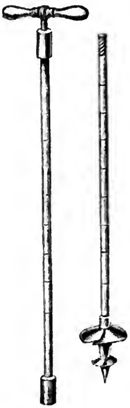
5. Welches ist das Verhalten des Bodens gegen Luft, Wasser und Wärme? Welches Aufnahmevermögen für Pflanzennährstoffe besitzt er?

Die dritte und vierte Frage beantwortet die chemische Analyse, während zur Erledigung der fünften eine Anzahl von Einzeluntersuchungen erforderlich sind. Ehe wir auf die der Beantwortung dieser Fragen dienenden Untersuchungsmethoden eingehen, ist die Art der Entnahme der zur Untersuchung bestimmten Bodenproben zu besprechen.

Für eine vollständige Bodenuntersuchung sind Proben im Gewichte von je 1—3 kg erforderlich: 1. von der obersten, durch den Pflug bewegten Schicht der Ackerkrume, die sich gewöhnlich durch dunklere Farbe von dem darunter folgenden Theile der Verwitterungsrinde scharf abhebt; 2. von diesem eben genannten unteren Theile; 3. von dem darunter folgenden Untergrunde. Bei Wiesen- und Waldböden wird die Trennung von 1. und 2. unmöglich sein und in vielen Fällen wird unter 3. noch eine andere nur durch das Fehlen ganz bestimmter Verwitterungserscheinungen unterschiedene Schicht folgen (z. B. Mergel unter Lehm). Um nun eine ausreichende Menge der verschiedenen Schichten des Bodens zu erhalten, empfiehlt sich am meisten das Ausheben einer Probegrube. Dieselbe habe die Form eines länglichen Rechtecks von $^1/_2$—$^3/_4$ m Breite und 1—1$^1/_2$ m Länge, je nach der erforderlichen, 2 m wohl nur selten überschreitenden Tiefe. Die Wände müssen mit dem Spaten senkrecht abgestochen werden; in geneigtem Terrain stellt man die längere Seite des Rechtecks parallel dem Gefälle, um ein zu schnelles Nachfallen der Wände zu verhüten. In den meisten Fällen, d. h. fast überall, wo nicht breiartige, schwimmende Sandmassen kommen, wird man die gewünschte Tiefe ohne Weiteres erreichen.

Aus der Wand sticht man mit einem Spaten die Ackerkrume bis zu ihrer unteren Grenze ab, schüttet sie auf ein Laken, mischt sie gut durch einander und entnimmt von dem Gemenge die erforderliche, von Pflanzenwurzeln möglichst befreite Probe. In der gleichen Weise verfährt man mit den tieferen Schichten. Die Proben werden in leinenen Beuteln oder in Papierdüten, die mit in Wasser unlöslichem Leime geklebt sind, aufbewahrt. Ein auf Oelpapier geschriebenes Etiquette legt man der Probe selbst bei und ausserdem beschreibt man, und zwar um Irrthümer auszuschliessen, sogleich, die Aussenseite der Probedüte mit einem Oelkreidestifte in übereinstimmender Weise. Will man das Aufwerfen der Probegrube vermeiden, so kann man sich auch zur Probeentnahme eines amerikanischen Tellerbohrers (Fig. 177)[1]) bedienen. Derselbe besitzt an seinem unteren Ende ein nach oben sich rasch zu einem flachen Teller verbreiterndes Schraubengewinde, mittelst dessen er senkrecht in die Erde eingeschraubt wird. Durch wiederholtes vorsichtiges Herausziehen erhält man, zumal in feuchtem Boden, ausreichende Probemengen; nur muss man die zylindrisch geformten tieferen Proben durch Abkratzen mit dem Messer von den beim Herausziehen etwa haften gebliebenen Theilen der Ackerkrume vorsichtig befreien.

Fig. 177.



Bei der Probeentnahme sind eine ganze Anzahl von Dingen zu beobachten und zu notiren:

1. Woraus ist der Boden entstanden?
2. Wie mächtig ist die Ackerkrume?
3. Lassen sich in der Ackerkrume mehrere Schichten erkennen?
4. Wie hoch über dem Meeresspiegel liegt der Boden?
5. Nach welcher Himmelsrichtung ist er geneigt oder liegt er horizontal?
6. Welches ist der Grundwasserstand?

[1]) Die in diesem Abschnitte abgebildeten Figuren stammen fast sämmtlich aus dem Kataloge der Firma Dr. R. Müncke in Berlin, die dieselben freundlichst zur Verfügung gestellt hat. Daselbst sind alle beschriebenen Apparate käuflich zu haben.

7. In welche Klasse ist der Boden eingeschätzt?
8. Wird der Boden als warm oder kalt bezeichnet?
9. Was für Düngung ist ihm zu Theil geworden?
10. Ist er rigolt, gemergelt, drainirt, bewässert?
11. Was wird auf ihm geerntet und in welcher Reihenfolge?

Bei sehr steinigen Böden lässt man die grösseren Steine beiseite, notirt sich aber ihr Vorkommen unter ungefährer Bezeichnung ihrer Menge zusammen mit den angegebenen Punkten.

Die Proben lässt man im Zimmer langsam austrocknen und füllt sie dann in weithalsige Flaschen mit Glasstöpsel, um etwaige Veränderungen in der an kräftig einwirkenden Gasen oft reichen Luft des chemischen Laboratoriums zu vermeiden. Nach der Austrocknung kann die Untersuchung beginnen.

Kapitel 48.

Die mechanische Bodenanalyse.

500—1000 g des lufttrockenen Bodens werden in einer Porzellanschale abgewogen, die zusammenballenden Stücke durch vorsichtiges Drücken mit einem Gummireiber zerkleinert und die ganze Masse hierauf durch ein Messingsieb gegeben, dessen Löcher kreisrund sind und einen Durchmesser von 2 mm besitzen. Die durch das Sieb hindurchgehende Masse wird als Feinboden bezeichnet und dient als Ausgangsmaterial für die weitere sowohl mechanische wie chemische Untersuchung. Der Rückstand wird durch Behandlung mit Wasser von den ihm etwa noch anhaftenden thonigen oder feinsandigen Theilen befreit, bei 100° C. getrocknet und gewogen und das prozentuale Verhältniss zur Gesammtmasse berechnet. Die so erhaltene Zahl giebt den Grandgehalt des Bodens an. Je nach seiner Menge und den Grössenunterschieden seiner Gemengtheile wird man ihn durch weitere Siebe mit Oeffnungen von 5 und 10 mm noch weiter zerlegen. Man kann sich, um die theueren Messingsiebe für diese Grössen zu vermeiden, flacher Pappkästen bedienen, deren Boden man mittelst Korkbohrer von der angegebenen Grösse mit einigen Löchern versieht. Dieselben erfüllen ihren Zweck vollkommen.

Die Schlämmanalyse. Bei der weiteren mechanischen Untersuchung des Bodens kommt es ganz darauf an, zu welchem

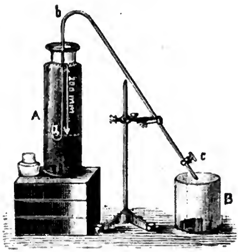
Zwecke dieselbe ausgeführt und welches Mass von Genauigkeit beansprucht wird. Will man nur einigermassen die Bestandtheile des Bodens und ihre Mengenverhältnisse beurtheilen lernen, so genügt eine Untersuchung mit der Bennigsen'schen Flasche oder nach dem Dekantirverfahren mittelst des Kühn'schen Schlämmzylinders. Will man aber den Boden in eine Reihe von ihrer Grösse nach genau begrenzten Theilprodukten zerlegen und genaue Zahlen für die Menge eines jeden derselben erlangen, so bedarf man eines etwas umständlicheren Verfahrens, der Schlämmung mittelst des Schöne'schen Schlämmapparates.

Die beiden ersten Apparate beruhen auf der verschiedenen Geschwindigkeit, mit der die mit Wasser geschüttelten Theile des Bodens in einer Flasche oder einem Zylinder zu Boden sinken; der letztere dagegen auf der Transportirfähigkeit eines senkrecht aufsteigenden Wasserstromes und auf der Abhängigkeit derselben von seiner Geschwindigkeit.

Das Dekantirverfahren. Das Wesen des Abschlämmens kann man sich am besten veranschaulichen, wenn man von dem einfachsten Schlämmverfahren, der Dekantirmethode im Zylinder, ausgeht, auf dem auch der unten mit einem Tubus versehene Kühn'sche Schlämmzylinder beruht. Eine abgewogene Menge, 20—30 g, Feinboden unter 2 mm wird in einer Porzellanschale mit Wasser übergossen und unter fortwährendem Umrühren mit einem Glasstabe so lange gekocht, bis die Masse vollständig zu einem feinen Brei zergangen ist. Nach dem Erkalten füllt man das Material in einen Glaszylinder (Fig. 178) von 40 cm Höhe und 6 cm lichtem Durchmesser, welcher oben entweder einen Hals zur Aufnahme eines Glasstopfens besitzt, oder mit einem breiten, abgeschliffenen Rande versehen ist, so dass man ihn mit einer aufgelegten mattgeschliffenen Glasplatte luftdicht verschliessen kann. Man füllt nun den Zylinder ganz mit Wasser an, so dass zwischen dem Glasstopfen, bezw. der Glasplatte und der Flüssigkeit nur eine ganz kleine Luftblase übrig bleibt. Genau 200 mm unterhalb der Wasseroberfläche klebt man einen Papierstreifen bei *a* an der Aussenseite des Zylinders an. Wenn man nun das Gefäss umkehrt und umschüttelt und gleich darauf wieder senkrecht aufstellt, so sind die im Wasser suspendirten Bodentheilchen durch die Schwerkraft gezwungen, sich allmählich wieder zu Boden zu setzen. Die Fallgeschwindigkeit der im Wasser sich herabsenkenden Körn-

chen, d. h. den von ihnen zurückgelegten linearen Weg in einer Sekunde bezeichnen wir bei diesem Abschlämmverfahren als Schlämmgeschwindigkeit. Wenn wir beispielsweise sogleich nach dem Umschütteln und Umkehren die Zeit nach einer Sekundenuhr notiren und nach Ablauf von 100 Sekunden die Flüssigkeit mittelst eines schon vorher bis zur unteren Marke eingesenkten und mit Wasser gefüllten Hebers (*a b c*) durch den am unteren Ende daran befindlichen Glashahn *c* aus dem Schlämmgefäss in ein untergestelltes Becherglas *B* ablaufen lassen, so haben die in dem abgehobenen Wasser befindlichen Bodentheilchen in 100 Sekunden noch nicht 200 mm zurückgelegt, d. h. in 1 Sekunde weniger als 2 mm. Die abgeschlämmte Substanz stellt demnach ein Schlämmprodukt von 2 mm Schlämmgeschwindigkeit in der Sekunde dar. Würde man erst nach Ablauf von 1000 Sekunden abheben, so wäre die Schlämmgeschwindigkeit bei 200 mm Fallhöhe 0,2 mm in 1 Sekunde.

Fig. 178.



Da nun bei dem soeben besprochenen Versuche die Bodentheilchen, welche sich gleich nach dem Umkehren des Zylinders beispielsweise im mittleren Raum desselben befanden, beim Abheben des Wassers bereits zu Boden gesunken sein werden, so muss nach jedem Abheben das Gefäss wieder bis oben hin mit Wasser gefüllt und von Neuem umgeschüttelt werden, worauf man nach Ablauf von 100 resp. 1000 Sekunden das Wasser abermals abhebt und diese Operation so lange fortsetzt, bis das abgehobene Wasser völlig klar ist. Um den Zeitpunkt des Abhebens möglichst genau zu treffen, thut man gut, den mit Wasser gefüllten Heber schon zuvor in die Flüssigkeit einzusenken, so dass man nach Ablauf der Zeit nur den Glashahn zu öffnen braucht. Der Heber muss am unteren Ende des kürzeren Schenkels kurz nach oben umgebogen und so in die Flüssigkeit eingesenkt sein, dass das Ende des aufwärtsgebogenen Glasrohrs sich mit der aufgeklebten Marke in gleicher Horizontalebene befindet. Auf diese Weise kann nur das oberhalb der Marke befindliche Wasser in den Heber hineingelangen.

Wie vergleichende Untersuchungen mit dem Schöne'schen

Schlämmapparat gezeigt haben, kann man mittelst der soeben beschriebenen Dekantirmethode sehr genaue Resultate erhalten. Das Verfahren ist jedoch deshalb nicht zu empfehlen, weil man zur Abscheidung der gröberen Schlämmprodukte ausserordentlich lange Zylinder anwenden müsste und weil auch die Gewinnung der feineren Schlämmprodukte sehr mühsam und zeitraubend ist. Man hat immerwährend mit dem Apparate zu thun und muss sehr häufig umschütteln und abheben, ehe man eine Klärung des Wassers im Schlämmraume erzielt.

Das Verfahren mit dem Kühn'schen Schlämmzylinder (Fig. 179) ist ganz ähnlich, nur dass derselbe 200 mm unter der oberen Wassermarke und 5 cm über dem Boden mit einem Ausfluss versehen ist, der sich vermittelst eines Kautschukstopfens verschliessen lässt. 50 g des durch Kochen erweichten Bodens werden in den Zylinder eingeführt, mit Wasser übergossen, bis dasselbe die obere Marke erreicht, und dann mit einem Holzstabe etwa 1 Minute gründlich und gleichmässig umgerührt. Dann lässt man das Gefäss genau 5 Minuten lang ruhig stehen. In dieser Zeit setzen sich die Steinchen und der Sand ab, während die Thontheilchen in dem Wasser schweben bleiben, welches nun sammt denselben durch den Ausfluss abgelassen wird. Die Operation wird so lange wiederholt, als noch trübes Wasser ausfliesst.

Fig. 179.



Der sandige Rückstand wird bei beiden Methoden in derselben Weise weiter behandelt wie das gröbere Rückstandsprodukt bei dem Schöne'schen Schlämmapparate (s. u.).

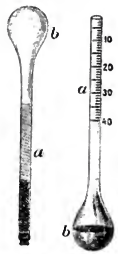
Die Bennigsen'sche Schlämmflasche. Ein Schlämmapparat, den wir seiner Einfachheit und Brauchbarkeit wegen hier noch berücksichtigen wollen, ist die Schlämmflasche von Bennigsen (Fig. 180). Der Apparat stellt eine Flasche dar, welche von den gewöhnlichen Flaschen in der Form dadurch abweicht, dass sie mit einem sehr langen zylinderförmigen Halse *a* versehen ist. An dem Halse befindet sich eine Masseintheilung, welche einen Theil des Flascheninhaltes nach Kubikzentimetern zu messen gestattet, sobald man die Flasche mit dem Kork nach unten dreht. Der Nullpunkt der Eintheilung liegt demnach an dem Korkende.

Das Schlämmen mit dem Apparate ist ebenso einfach wie der Apparat selbst. Man wägt von der lufttrockenen, von den grösseren

Steinen und Pflanzentheilen befreiten Bodenprobe 10 g ab, zertheilt die Substanz wenn nöthig durch Kochen oder Einweichen in Wasser und spült sie darauf mit soviel Flüssigkeit in die Flasche, dass der weitere Theil *b* derselben nicht ganz angefüllt ist.

Nachdem die Flasche fest verkorkt worden, schüttelt man Wasser und Erde 10—20 Minuten lang tüchtig (ruckweise) durch einander, um die Bodenbestandtheile vollständig von einander zu trennen, und dreht dann die Flasche um.

Fig. 180.



Das nun folgende Absetzen des Bodens unterstützt man eine Zeitlang (10 Minuten) durch pendelförmiges schnelles Hin- und Herbewegen des zylinderförmigen Theils der Flasche, zu dem Zwecke, die feineren Theilchen, welche von den gröberen, geschwinder fallenden Körnern mit hinabgerissen werden, von diesen letzteren zu befreien und so ein gleichmässiges Absetzen einzuleiten. Darauf hängt man die Schlämmflasche möglichst genau senkrecht in ein Stativ und kann schon nach 1 Stunde das Resultat ablesen.

In dieser Zeit haben sich nämlich alle Bestandtheile mit Ausnahme der feinsten abgesetzt, es lassen sich also letztere aus der Differenz berechnen. Man gelangt auf diesem Wege viel schneller zum Ziele, als wenn man das vollständige Absetzen und Zusammensacken der feinsten Theilchen abwarten wollte, da hierzu oft 24—36, zuweilen sogar 48 Stunden erforderlich sind.

Man liest also die Menge der einzelnen Bestandtheile, die sich in dem nach unten hängenden Theil der Schlämmflasche nach ihrer Grösse und Schwere geordnet haben (Fig. 180 links), in Kubikzentimetern ab, wobei man

1. Kies und groben Sand,
2. feinen Sand

ganz anschaulich vor Augen hat. Die Grenze zwischen 1 und 2, die wegen des allmählichen Ueberganges nicht immer scharf hervortritt, bestimmt man so genau als möglich.

Die für diese beiden Produkte gefundenen Masse werden alsdann auf Gewichte reduzirt, indem man

bei grobem Sande	6,5 ccm	= 10 g
bei feinem Sande	8,5 „	= 10 „

rechnet; das dritte Produkt, das abschlämmbare Material, ergiebt sich aus dem Gewichte der zum Schlämmen verwandten Gesammtsubstanz abzüglich der für groben und feinen Sand erhaltenen.

Beispiel. Abgewogen 10 g Erde. — Nach dem Absetzen in der Schlämmflasche abgelesen, bezw. berechnet

1. Kies und grober Sand . .	= 2,5 ccm =	3,8 g	oder	38 v. H.
2. Feiner Sand	= 3,0 „ =	3,5 „	„	35 „ „
3. Abschlämmbare Theile (aus d. Differenz)	=	2,7 „	„	27 „ „
Summa . . .		10,0 g	oder	100 v. H.

Die in der letzten Reihe unter einander stehenden Zahlen sind Gewichtsprozente, die wir ermitteln mussten, weil wir von einem bestimmten Gewicht Erde ausgegangen sind. Es wäre einfacher, namentlich würde die Umrechnung der Masse in Gewichte wegfallen, wenn man die zum Schlämmen erforderliche Menge Erde abmessen könnte. Letzteres ist aber unthunlich, weil sich bündige, brockige Erde nicht gleichmässig messen lässt.

In Ermangelung einer Bennigsen'schen Schlämmflasche kann man sich mit einem engen Masszylinder behelfen oder auch ein 2 cm weites und 45 cm langes Glasrohr, das man in Kubikzentimeter eingetheilt und auf beiden Seiten fest verkorkt hat, als Schlämmgefäss benutzen.

Der Schöne'sche Schlämmapparat. Der Schöne'sche Schlämmtrichter ist ein Spülapparat, bei welchem ein aus einem grösseren hochgelegenen Wasserreservoir herabkommender, durch einen Hahn regulirbarer und im Schlämmraume senkrecht aufsteigender Wasserstrom benutzt wird. Während man bei dem Schlämmverfahren mittelst der Dekantirmethode die durch den Fall im Wasser verlangsamte Schwerkraft benutzt, wendet man im Schöne'schen Apparate einen der Schwerkraft entgegenwirkenden Stoss des Wassers nach oben zu an. Unter Schlämmgeschwindigkeit versteht man demnach im Schöne'schen Apparate den Raum, durch welchen ein Bodentheilchen in 1 Sekunde gehoben wird. Die Länge dieses Raumes ist von dem Rauminhalt des Schlämmgefässes, dem Querschnitt und spezifischen Gewicht des Bodentheilchens, sowie von der Geschwindigkeit des aufsteigenden Wasserstromes abhängig.

Der Schöne'sche zylindrisch-konische Schlämmtrichter (Fig. 181) besteht aus einem Glasgefässe, dessen oberer Theil *B* vollkommen

zylindrisch und mindestens 10 cm lang sein muss, damit wenigstens im oberen Theil eine völlig gleichmässige Stromgeschwindigkeit während des Abschlämmens herrscht. Der lichte Durchmesser desselben soll nach Schöne möglichst genau 5 cm betragen. Um auch geringe Geschwindigkeiten genau einstellen zu können, darf dieser Durchmesser wenigstens nicht kleiner sein als 4,5 cm. An den zylindrischen schliesst sich nach unten zu ein ganz allmählich sich verjüngender Theil *C* von 50 cm Länge. Dieser geht unten in ein Rohr *D*—*E* über, dessen lichter Durchmesser in keinem Falle grösser als 5 mm, aber auch nicht kleiner als 4 mm sein darf. Er ist halbkreisförmig gebogen und nach oben zu in senkrechter Richtung verlängert. Ueber dem zylindrischen Raume ist der Apparat eingezogen und geht in einen Hals *A* über, der zur Aufnahme eines einmal durchbohrten Gummistopfens dient. Der 2 cm lange zylindrische Hals soll einen Durchmesser von 1,5—2 cm haben.

Fig. 181.



Durch den Kautschukstopfen wird das Piëzometerrohr hindurchgesteckt, welches als Indikator der Stromgeschwindigkeit dient. Dasselbe hat 3 mm lichten Durchmesser, ist 8 cm über seinem unteren Ende knieförmig im Winkel von 45° abwärts und dann in gleicher Höhe mit dem unteren Ende wieder im Winkel von 45° aufwärts gebogen. In dem Scheitelpunkte des letzteren Kniees befindet sich die etwa 1,5 mm weite kreisrunde Ausflussöffnung, deren Ränder möglichst glatt abgeschmolzen sein müssen. Das Piëzometer (Druckmesser) ist von 1—10 cm in Millimeter, von 10—50 cm in halbe Zentimeter, und darüber in ganze Zentimeter eingetheilt.

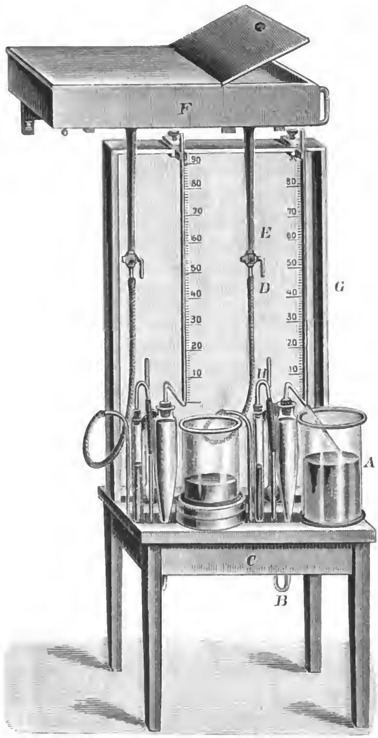
Damit der durch den Hahn zu regulirende Wasserstrom möglichst konstant bleibt, ist es nöthig, als Reservoir einen geräumigen, flachen Kasten aus Zink zu benutzen, der 50 l Wasser fassen kann, und in welchem sich das Niveau während des Schlämmens nur wenig ändert.

Sehr zweckmässig ist die in Figur 182 dargestellte Einrichtung zum Schlämmen.

Der zur Befestigung der Schlämmtrichter dienende Lattentisch *C* ist 71 cm hoch, 50 cm breit und 85 cm lang. Die Schlämm-

trichter werden zwischen die Latten eingesenkt und in die Muffen eines mit schwerer Gusseisenplatte versehenen Stativs eingeschraubt. Die Platte des Stativs ist der Sicherheit halber durch eine eiserne

Fig. 182.



Winkelklemmschraube an dem Lattentisch befestigt. Ausserdem befindet sich an letzterem ein 140 cm hoher Holzrahmen G, der oben zwei verstellbare zur Unterstützung der Piëzometerrohre dienende Muffen trägt. Das rechts mit Wasserstandsrohr versehene Wasserreservoir F steht auf einem durch Bankeisen be-

festigten Brette. Die in den Boden des Reservoirs eingeschraubten und mit Messinghähnen D versehenen Zuleitungsröhren E werden durch Kautschukschlauch mit den Schlämmtrichtern verbunden.

Die Schlämmgeschwindigkeit in dem zylindrischen Raume des Schöne'schen Schlämmtrichters B ist bei bestimmter Druckhöhe von dem Querschnitte des Zylinders und von der Grösse der Ausströmungsöffnung am Piëzometer abhängig. Es ist daher zuerst nöthig, den Durchmesser des zylindrischen Schlämmraumes genau zu bestimmen. Man theilt zu diesem Zwecke den Zylinder durch zwei äusserlich aufgeklebte Papierstreifen ein. Eine durch den oberen Rand der beiden Papierstreifen gelegte Ebene muss möglichst senkrecht gegen die Achse des Zylinders stehen; der Abstand der beiden Papierstreifen betrage 10 cm. Man füllt nun den ganzen Zylinder mit Wasser, verschliesst das Ende der Röhre E derartig mit einem Korke, dass keine Luftblase darin bleibt, und lässt den unteren Meniskus des Wassers im zylindrischen Raume auf dem oberen Rande des oberen Papierstreifens aufsitzen; die Achse des Zylinders muss dabei möglichst senkrecht stehen. Nun hebt man mit einer Pipette das Wasser aus dem Zylinder bis zum oberen Rande des unteren Papierstreifens ab und bringt es in ein in Kubikmillimeter getheiltes Messgefäss.

Der Inhalt (J) eines Zylinders ist bekanntlich gleich dem Produkte von Grundfläche ($r^2 \pi$) und Höhe (h).

$$J = r^2 \pi \,.\, h$$

$$r = \sqrt{\frac{J}{\pi h}}\,.$$

Nachdem nun der Querschnitt des zylindrischen Theiles im Schlämmtrichter bekannt ist, stellt man das Wasser auf eine bestimmte Höhe im Piëzometer ein und lässt eine Massflasche, beispielsweise ein Liter, volllaufen, indem man von dem Momente des Unterstellens bis zu dem Momente der Füllung nach einer Sekundenuhr die Anzahl der Sekunden t notirt. Das ausgeflossene Quantum (Q) in 1 Sekunde ist dann:

$$Q = \frac{x \text{ mm}^3}{t}\,.$$

Die Schlämmgeschwindigkeit erhält man, wenn man das Ausflussquantum in 1 Sekunde in Kubikmillimetern (Q) durch den Querschnitt des Zylinders in Quadratmillimetern (K) dividirt:

$$\frac{\left(\frac{x\ \mathrm{mm}^3}{t}\right)}{r^2\pi} = \frac{Q}{K}.$$

Will man eine ganz bestimmte Schlämmgeschwindigkeit haben, so stellt man zuerst bei einem höheren Punkte des Piëzometers ein, berechnet aus dem Ausflussquantum in 1 Sekunde die Geschwindigkeit und sieht nun, ob sich dieselbe bereits der gewünschten Geschwindigkeit nähert oder nicht. Je nachdem stellt man bei dem darauf folgenden Versuche bei einer höheren oder niedrigeren Marke des Piëzometers ein.

Bei Anwendung ganz geringer Schlämmgeschwindigkeiten stellt sich, da an der Ausflussöffnung des Piëzometers nur ein Abtropfen der Flüssigkeit stattfindet, der Wasserfaden bei keiner festen Marke ein. Man wählt in diesem Falle den Punkt, bis zu welchem der Meniskus des Wasserfadens im Piëzometer beim Abtropfen herabsinkt, als Marke und zählt ausserdem die Anzahl der in 1 Minute ausfliessenden Tropfen. Zur Berechnung des Ausflussquantums in 1 Sekunde genügt es, eine Massflasche von 100 ccm Inhalt volllaufen zu lassen. Durch einige Versuche, bei welchen man den Wasserstand im Piëzometer so regulirt, dass immer die Mitte zwischen den beiden zuletzt bestimmten Grenzen genommen wird, erreicht man leicht den Wasserstand, welcher der gesuchten Schlämmgeschwindigkeit entspricht.

Statt dieser empirischen Aufsuchung einer bestimmten Schlämmgeschwindigkeit kann man letztere auch unter Zugrundelegung des in Zentimeter eingetheilten Piëzometers berechnen.

Nach dem theoretischen Ausflussgesetze verhalten sich bei ein und demselben Piëzometer, demnach für ein und dieselbe Ausflussöffnung die Ausflussquantitäten wie die Quadratwurzeln aus den Druckhöhen im Piëzometer. Werden die Druckhöhen mit h_{I} und h_{II} bezeichnet, die Ausflussquanta in 1 Sekunde mit Q_{I} und Q_{II}, so ergiebt sich die Gleichung:

$$\frac{h_{\mathrm{I}}}{h_{\mathrm{II}}} = \frac{Q_{\mathrm{I}}^2}{Q_{\mathrm{II}}^2}. \qquad \text{(Nr. 1.)}$$

Das Ausflussgesetz ist in diesem Falle etwas zu modifiziren, da die Kapillarattraktion in dem engen Piëzometerrohr, sowie auch der Widerstand, welchen das Wasser beim Ausströmen aus der engen Ausflussröhre erleidet, den Wasserstand im Piëzometer beeinflussen. Nach Schöne's Untersuchungen muss man daher, um

jene Einflüsse zu eliminiren, von der beobachteten Druckhöhe h eine für alle Druckhöhen desselben Piëzometers empirisch festzustellende konstante Grösse C abziehen.

Dadurch modifizirt sich die Gleichung Nr. 1 folgendermassen:

$$\frac{h_{\mathrm{I}} - C}{h_{\mathrm{II}} - C} = \frac{Q_{\mathrm{I}}^2}{Q_{\mathrm{II}}^2}. \qquad \text{(Nr. 2.)}$$

Um die konstante Grösse C zu ermitteln, genügt es, zwei Versuche auszuführen, indem man einmal bei möglichst niedriger Druckhöhe (2—3 cm) und sodann bei möglichst hoher Druckhöhe (80—90 cm) ein Liter voll laufen lässt, die Anzahl der Sekunden notirt und die Ausflussquanta in 1 Sekunde berechnet. Setzt man die erhaltenen Daten in die Formel Nr. 2 ein, so ergiebt sich folgende Formel:

$$C = \frac{Q_{\mathrm{I}}^2 \,.\, h_{\mathrm{II}} - Q_{\mathrm{II}}^2 \,.\, h_{\mathrm{I}}}{Q_{\mathrm{I}}^2 - Q_{\mathrm{II}}^2} \text{ Zentimeter.} \qquad \text{(Nr. 3.)}$$

Hat man auf diese Weise die konstante Grösse C gefunden, so kann man für alle beliebigen Druckhöhen h_n die entsprechenden Ausflussquantitäten Q_n oder auch für alle beliebigen Ausflussquantitäten die entsprechenden Druckhöhen berechnen.

Aus der Formel Nr. 3 ergeben sich:

$$Q_n = \sqrt{h_n - C} \cdot \frac{Q}{\sqrt{h - C}} \text{ Kubikzentimeter.} \qquad \text{(Nr. 4.)}$$

$$h_n = Q_n^2 \,.\, \frac{h - C}{Q^2} + C \text{ Zentimeter.} \qquad \text{(Nr. 5.)}$$

Da die Ausflussmengen in 1 Sekunde Q auch in derselben Zeit einen beliebigen Querschnitt des Schlämmraumes durchströmen, dessen Durchmesser D ist, so folgt daraus, wenn v die Schlämmgeschwindigkeit in 1 Sekunde bedeutet:

$$Q = v \,.\, \frac{\pi}{4} D^2 \text{ Zentimeter.} \qquad \text{(Nr. 6.)}$$

$$v = Q \,.\, \frac{4}{\pi D^2} \text{ Zentimeter.} \qquad \text{(Nr. 7.)}$$

Man kann demnach, wenn die konstante Grösse C durch Versuche festgestellt worden ist und man die Geschwindigkeit v im Schlämmraum bei einer bestimmten Druckhöhe h kennt, leicht berechnen, welche Druckhöhe h_n man anwenden muss, um eine gesuchte Geschwindigkeit v_n zu erhalten. Man braucht in diesem Falle nur den Werth für Q aus der Formel Nr. 6 und den ent-

sprechenden Werth für $Q_n = v_n \frac{\pi}{4} D^2$ in die Formel Nr. 5 einzusetzen. Dadurch erhält man:

$$h_n = \left(v_n \frac{\pi}{4} D^2\right)^2 \frac{h - C}{\left(v \cdot \frac{\pi}{4} D^2\right)^2} + C = v_n^2 \cdot \frac{h - C}{v^2} + C \qquad \text{(Nr. 8.)}$$

Bestimmten Schlämmgeschwindigkeiten entsprechen ganz bestimmte Korngrössen bei annähernd gleichem spezifischen Gewicht und kugeliger Form des Materials. Schöne hat durch Versuche festgestellt, dass innerhalb der Schlämmgeschwindigkeiten von 0,1—12 mm in der Sekunde bei Quarzsand in Kugelform folgende Beziehung zwischen dem Durchmesser der Körner d und der Schlämmgeschwindigkeit v besteht:

$$d = 0{,}0314\, v \frac{7}{11} \text{ Millimeter.}$$

Aus seinen durch mikroskopische Messungen kontrolirten Berechnungen geht hervor, dass, wenn man von Quarz in Kugelform ausgeht, die nebenstehenden Körnungsprodukte folgenden Schlämmgeschwindigkeiten entsprechen:

0,2 mm Schlämmgeschwindigkeit	= unter	0,01	mm Korngrösse
2,0 „ „	= von	0,05—0,01	„ „
7,0 „ „	= „	0,1—0,05	„ „

Da bei der Enge der Ausflussöffnung im Piëzometer die Geschwindigkeit 7 mm nur erreicht werden könnte, wenn man ein zweites Piëzometer mit weiterer Ausflussöffnung einführte, so hat Orth den Vorschlag gemacht, einen kleinen Hülfszylinder vom halben Durchmesser (2,5 cm) des grösseren vor letzterem einzuschalten. Es ist zweckmässig, wenn der zylindrische Theil desselben 50 cm lang ist, um ihn auch für die Geschwindigkeit von 25 mm benutzen zu können.

Da die Herstellung eines genauen Siebes von 0,2 mm sehr schwierig und theuer ist und das Absieben des Bodens durch ein derartiges Sieb keine guten Resultate liefert, weil sich die Löcher zu leicht verstopfen, so empfiehlt es sich nach Laufer's Vorschlage, die Korngrösse 0,2—0,1 mm ebenfalls durch Abschlämmen zu gewinnen. Man benutzt hierzu den Orth'schen Hülfszylinder, indem man ein Piëzometer von etwa 5 mm lichtem Durchmesser und einer Ausflussöffnung von 3—3,5 mm darauf setzt. Den Querschnitt des Zylinders bestimmt man in der angegebenen Weise und

misst die Ausflussmengen bei verschiedenem Piëzometerstande, um die Geschwindigkeit 25 mm zu ermitteln, denn diese entspricht der Korngrösse von 0,2—0,1 mm Durchmesser. Hat man die gewünschten Geschwindigkeiten in den verschiedenen Schlämmtrichtern festgestellt, so fertigt man sich eine Tabelle nach folgendem Schema an, die man dann für alle mit dem Apparate auszuführenden Schlämmanalysen benutzt.

Grosser Trichter		Kleiner Trichter	
Durchmesser: mm Querschnitt: mm^2		Durchmesser: mm Querschnitt: mm^2	
Druckhöhe im engen Piëzometer cm	Geschwindigkeit in 1 Sekunde	Druckhöhe im engen Piëzometer cm	Geschwindigkeit in 1 Sekunde
	0,2 mm		
	2,0 mm		
			7,0 mm
		Druckhöhe im weiten Piëzometer cm	25,0 mm

Bei Ausführung einer Schlämmanalyse wendet man den durch das 2 mm-Sieb gegebenen lufttrocknen Feinboden an. Man breitet ihn gleichmässig auf einem Bogen Papier aus und entnimmt eine Durchschnittsprobe von genau 100 g, die man in einer tarirten Schale auf einer Tarir-Wage abwägt. Bei sehr gleichmässigen, fein zertheilten Bodenarten, bei welchen ein Absieben der gröberen Gemengtheile zuweilen gar nicht vorgenommen zu werden braucht, genügen dagegen schon 30—40 g zur Schlämmanalyse.

Die in einer Porzellan- oder emaillirten Eisenschale abgewogene Bodenmenge übergiesst man mit destillirtem Wasser und kocht sie unter fortwährendem Umrühren mit einem Glasstabe so lange, bis die thonigen Bestandtheile vollständig zergangen sind. Bei zähen Thonböden bleiben häufig Thonknötchen zurück, die selbst bei anhaltendem Kochen nicht zergehen, und man thut daher gut, dieselben mit dem Zeigefinger, den man zweckmässig mit einem dicken Kautschuküberzuge versieht, zu zerdrücken. Das so zum Schlämmen

vorbereitete Material lässt man völlig erkalten und giesst die überstehende trübe Flüssigkeit, ohne den Bodensatz aufzurühren, in den grossen Trichter ab. Nun füllt man den kleinen Trichter, welcher noch nicht mit dem grossen in Verbindung gesetzt ist, durch Oeffnen des Hahnes bis über die halbkreisförmige untere Biegung mit Wasser an. Dies geschieht deshalb, damit der Apparat beim Einfüllen des Bodens durch Aufsteigen des letzteren in dem engen Rohre nicht verstopft wird, und zweitens, damit beim Beginn des Schlämmprozesses durch aufsteigende Luftblasen keine Fehler entstehen können. Um den Boden in den kleinen Schlämmapparat einzufüllen, setzt man am besten einen Trichter mit weitem Halse darauf und spritzt mit Hülfe einer Spritzflasche die Substanz aus der Schale heraus. Etwa anhaftende Theile werden mittelst eines Glasstabes, über dessen unteres Ende man ein Stückchen Kautschukschlauch gezogen hat, abgelöst.

Beabsichtigt man, mit den Schlämmprodukten bei 0,2 und 2,0 mm Geschwindigkeit weitere chemische Untersuchungen vorzunehmen, so muss man den Boden mit destillirtem Wasser abschlämmen. Es geschieht dies deshalb, weil man bei Gewinnung des Schlämmproduktes bei 0,2 mm Geschwindigkeit das Schlämmwasser eindampfen muss. Man würde also bei Anwendung von gewöhnlichem Wasserleitungswasser zu viel Verunreinigungen in das Untersuchungsmaterial hineinbringen. Das Schlämmprodukt von 0,2 mm Geschwindigkeit kann man nur in dem Falle mit gewöhnlichem Wasser abschlämmen, wenn man dasselbe nicht wägen, sondern aus dem Verluste berechnen will.

Nachdem man den Boden in den kleinen Trichter eingefüllt hat, öffnet man den zur Regulirung des Wasserstroms bestimmten Hahn ein wenig und stellt zuerst bei dem Stande im Piëzometerrohre ein, welcher der niedrigsten Schlämmgeschwindigkeit von 0,2 mm entspricht. Nun lässt man zunächst 2—3 l auslaufen und dampft dieselben, falls man das Schlämmprodukt gewinnen will, in einer grossen Porzellanschale auf dem Wasserbade ein. Auf diese Weise kann man sicher sein, alle im Wasser löslichen Bestandtheile des Bodens mitzuerhalten. Hat sich das Wasser im Schlämmraume des grossen Trichters nach Ablauf von 2—3 l noch nicht geklärt, so schlämmt man, ohne die Operation zu unterbrechen, bei derselben Geschwindigkeit weiter, bis fast vollständige Klärung im oberen Theile des Schlämmraumes erfolgt. Das so erhaltene Schlämmwasser bringt man in eine grosse Porzellan-

schale und erhitzt es bis zum Kochen. Durch längeres Kochen ballen sich die suspendirten Thontheilchen zusammen und setzen sich zu Boden, so dass man nach dem Erkalten und längerem Stehenlassen das überstehende, fast klare Wasser abhebern und fortgiessen kann. Den Bodensatz fügt man zu dem zuerst erhaltenen Schlämmprodukt hinzu.

Den weiteren Schlämmprozess kann man in vielen Fällen mit gewöhnlichem Leitungswasser fortsetzen, da die übrigen Schlämmprodukte sich leicht absetzen, so dass man das überstehende Wasser fast völlig abhebern kann. Man wäscht dann das Schlämmprodukt noch einige Male mit destillirtem Wasser aus, lässt absitzen und hebert das Wasser ab.

Es hängt von dem Verhältniss der Querschnitte der beiden Schlämmzylinder ab, welche Geschwindigkeit man zunächst anzuwenden hat. Tritt die Geschwindigkeit 7,0 mm im kleinen Trichter bei einem höheren Piëzometerstande auf, als die Geschwindigkeit 2,0 mm im grossen, so stellt man zuerst bei dem Piëzometerstande ein, bei welchem im grossen Trichter eine Geschwindigkeit von 2,0 mm herrscht, im umgekehrten Falle jedoch schlämmt man zuerst bei 7,0 mm im kleineren und stellt dann erst nach Ausschaltung desselben höher ein, um 2,0 mm im grossen Trichter zu erreichen.

Die Schlämmprodukte fängt man stets in grossen zylindrischen Glasgefässen auf, die 10—15 l zu fassen vermögen. Nachdem bei 7,0 mm Geschwindigkeit Klärung im kleinen Trichter eingetreten ist, setzt man das weite Piëzometer (vergl. S. 384) auf den kleinen Trichter auf und schlämmt bei 25 mm Geschwindigkeit bis zur völligen Klärung.

Durch den Schlämmprozess hat man also folgende Produkte erhalten:

8.	Schlämmprodukt	bei	0,2	mm	G.	Ausfluss
7.	„	„	2,0	„	„	desgl.
6.	„	„	7,0	„	„	Rückstand im grossen Trichter (event. auch zum Theil Ausfluss)
5.	„	„	25,0	„	„	Ausfluss
4.	„	„	25,0	„	„	Rückstand im kleinen Trichter.

Die beiden Schlämmrückstände (6 und 4) bringt man am besten aus den Schlämmtrichtern heraus, indem man letztere mit

dem Wasserreservoir in Verbindung setzt, sie in eine grosse Schale umstürzt und durch Oeffnen des Hahnes ihren Inhalt völlig herausspült.

Die Schlämmprodukte werden, nachdem das überstehende klare Wasser abgehebert worden ist, in kleine, zuvor gewogene Porzellanschälchen mit flachem Boden gebracht und auf einem bis auf etwa 100° C. geheizten Sandbade anhaltend getrocknet. Nach dem Erkalten lässt man die Schälchen mindestens 1—2 Tage lang stehen, ehe man sie wägt, damit die Schlämmprodukte wieder den Feuchtigkeitsgehalt der Zimmerluft annehmen.

Um die mechanische Zusammensetzung eines Bodens hinreichend zu charakterisiren und mit anderen Bodenarten vergleichen zu können, zerlegt man den Boden in folgende Produkte:

1.	Körner	grösser als	2	mm	Durchmesser
2.	„	von	2—1	„	„
3.	„	„	1—0,5	„	„
4.	„	„	0,5—0,2	„	„
5.	„	„	0,2—0,1	„	„
6.	„	„	0,1—0,05	„	„
7.	„	„	0,05—0,01	„	„
8.	„	kleiner als	0,01	„	„

Die Korngrössen Nr. 1—3, also bis zu 0,5 mm, erfahren wir durch Absieben durch die Siebe von 2, 1 und 0,5 mm Lochweite, alle übrigen Körnungsprodukte werden durch die Schlämmanalyse abgeschieden.

Bei Ausführung der mechanischen Analyse geht man gewöhnlich von dem lufttrocknen Gesammtboden aus. Man breitet den Boden auf einem Bogen Papier oder auf einer flachen Schale aus und entnimmt eine gute Durchschnittsprobe von 500—1000 g, welche man in einer Porzellanschale abwägt. Zur Wägung sämmtlicher durch Absieben und Abschlämmen erhaltenen Körnungsprodukte des Bodens, sowie auch für die physikalischen Versuche benutzt man zweckmässig eine genauere Tarir-Wage. Die abgewogene für die Körnung bestimmte Menge giebt man in trocknem Zustande durch das 2 mm-Sieb und zerdrückt mit den Fingern die zusammengeballten Theilchen des feineren Bodenmaterials.

Die durch Körnung und Schlämmung erhaltenen Produkte berechnet man prozentisch auf den Gesammtboden und trägt die Zahlen in folgendes Schema ein:

Grand über 2 mm D.	Sand					Thonhaltige Theile		Summa
						Staub	Feinstes	
	2 bis 1 mm	1 bis 0,5 mm	0,5 bis 0,2 mm	0,2 bis 0,1 mm	0,1 bis 0,05 mm	0,05 bis 0,01 mm	unter 0,01 mm	
2,4	71,0					26,7		100,1
	2,0	3,6	16,0	32,3	17,1	12,4	14,3	

Etwaige Fehler beim Schlämmen mit dem Schöne'schen Apparate werden nach Wahnschaffe's Erfahrungen vermieden, wenn man den Schlämmprozess möglichst ununterbrochen und gleichmässig ausführt. Verschiedene Kontrolversuche haben ergeben, dass die Methode hinreichend genaue Resultate liefert.

Kapitel 49.

Die chemische Bodenanalyse.

Die Bestimmung der Bodenkonstituenten.

Da dieses Werk schon seinem Umfange nach nicht geeignet sein kann, ein Lehrbuch der analytischen Chemie zu ersetzen, die Methoden der landwirthschaftlichen, chemischen Bodenuntersuchung aber zum grössten Theile die gleichen sind, die in jener zur Anwendung gelangen, so muss ich mich hier auf einige wichtigere und eigenartige Untersuchungsmethoden beschränken. Ich werde deshalb nach einander einige Methoden zur Feststellung folgender wichtiger Bodenbestandtheile besprechen:

1. des kohlensauren Kalkes,
2. des Sandes,
3. des Humus,
4. der Thonsubstanz,
5. der Pflanzennährstoffe,

und daran einige Methoden zur Feststellung ganz besonderer chemischer und physikalischer Eigenschaften des Bodens anschliessen.

1. Die Bestimmung der Karbonate im Boden. Die Bedeutung des Mergels für die Landwirthschaft zeigt den hohen Werth, welchen die kohlensauren Salze der Kalkerde und Magnesia für den Boden besitzen. Die einfachste Methode zur Bestimmung des kohlensauren Kalkes, deren Ausführung kaum etwas anderes, als eine kleine Handwage mit Hornschälchen erfordert, auf welcher man bis auf 1/100 g Genauigkeit abwägen kann, ist die folgende: Rohe, konzentrirte, käufliche Salzsäure verdünnt man mit der doppelten Menge Wasser und füllt von dem gut geschüttelten Gemische in zwei Gläser eine Menge von je 100 ccm ein; zum Abmessen bedient man sich eines nach Kubikzentimetern eingetheilten Messzylinders. Alsdann bringt man in das eine Gefäss 10 g des zu untersuchenden Bodens, den man vorher durch Zerdrücken oder Zerreiben möglichst gelockert hat.

Unter lebhafter Kohlensäureentwickelung wird der im Boden enthaltene kohlensaure Kalk zerstört und in Chlorcalcium verwandelt. Ist die Gasentwickelung beendet, so legt man in jedes der beiden Gefässe ein 30—50 g schweres Stück von krystallinischem Kalke, am besten Marmor, von dem man Abfallstücke bei jedem Bildhauer bekommen kann. Die beiden Marmorstücke müssen vollkommen gleiches Gewicht haben; man erreicht dies, nachdem man mit dem Hammer möglichst gleich schwere Stücke geschlagen hat, durch Abschaben des schwereren Stückes mit einem Messer. Die beiden Marmorstücke lässt man so lange in den beiden Gefässen mit Salzsäure liegen, bis die Kohlensäureentwickelung völlig aufhört, ein Zeichen, dass die Salzsäure vollkommen verbraucht ist. Nun nimmt man die beiden Marmorstücke aus der Flüssigkeit heraus, wäscht sie gut ab, trocknet sie in der Wärme und wägt sie nach dem Erkalten. Der Unterschied im Gewichte giebt, da beide Gefässe ja ursprünglich gleiche Salzsäuremengen enthielten, den Gehalt an Kalkkarbonat in dem untersuchten Boden an, und zwar entsprechen die so ermittelten Dezigramme dem Prozentgehalte.

Beispiel. Nachdem der Kalkgehalt von 10 g Wiesenmergel in dem einen Gefässe aufgelöst ist, lege ich in jedes Gefäss ein Stück Marmor im Gewichte von 50 g. Nach Beendigung der Gasentwickelung wiegt das eine Stück noch 25 g, das andere dagegen noch 33,2 g. Der Gewichtsunterschied beider beträgt also 8,2 g, der Kalkgehalt des Wiesenmergels also 82 v. H.

Eine andere einfache Methode beruht auf der Bestimmung des Gewichtsverlustes, den die zu untersuchende Substanz + der verwendeten Salzsäure durch das Entweichen der Kohlensäure erfährt. Zu diesem Zwecke wird von dem lufttrockenen Boden eine kleine Menge in einem Mörser von Porzellan oder Achat (zur Noth thuts auch ein gewöhnlicher Küchenmörser) fein zerstossen und von der gepulverten Erde ein bestimmtes Gewicht auf einem sauberen und trockenen Uhrglas genau abgewogen. Bei kalkärmerem Boden nimmt man 5 g, bei kalkreichem 1—3 g.

Alsdann wird in ein gewöhnliches, aber ebenfalls sauberes und trockenes Medizinfläschchen mit Hülfe eines Glastrichters soviel Salzsäure gegossen, dass dieselbe reichlich 1 cm hoch in dem Fläschchen steht[1]). Die Salzsäure soll zu einem Drittel aus konzentrirter Salzsäure und zu zwei Dritteln aus Wasser bestehen. So gefüllt kommt das Fläschchen, nach Beseitigung des Trichters, auf die Wage. Man wägt wiederum genau und notirt das Gewicht.

Nun thut man die Erde nach und nach von dem Uhrglas in das Fläschchen, indem man immer eine ganz kleine Messerspitze voll nimmt und sorgfältig darauf achtet, dass nichts von der Erde verstäubt, auch nichts an dem Hals des Fläschchens hängen bleibt. Schüttet man zu viel Erde auf einmal hinein, so spritzt die Flüssigkeit in feinen Perlen heraus oder schäumt wohl gar über und die Arbeit ist vergebens. Von Zeit zu Zeit wird das Fläschchen vorsichtig bewegt, damit die Salzsäure überall mit dem Kalk in Berührung treten und die Kohlensäure vollständig austreiben kann. Die letzte Erde wird mit einem zugestutzten Federbart oder mit einem kleinen Pinsel, der wiederum ganz sauber und trocken sein muss, auf dem Uhrglas zusammengekehrt und auch die Messerspitze abgeputzt, denn die Aufgabe ist die, dass die abgewogene Bodensubstanz ohne den geringsten Verlust in das Fläschchen gelangt. Ist dies glücklich erreicht, so wartet man einige Zeit, damit der Schaum sich setzen und die Kohlensäure aus dem Fläschchen entweichen kann. Dann wird das Fläschchen wieder genau gewogen. Das Uebrige ergiebt sich durch Rechnung.

---

[1]) Das Fläschchen darf nicht zu gross sein, sonst ist es zu schwer, es darf aber auch nicht zu klein sein, sonst schäumt die Salzsäure über. Man wähle also ein Fläschchen von 12 cm Höhe und 5—6 cm Weite, und achte auch darauf, dass der Hals kurz und weit ist. Bequemer und sicherer ist ein Erlenmeyer'sches Kochfläschchen, das bei 13 cm Höhe über dem Boden 8 cm weit ist.

Zum Beispiel:

			g
1. Wägung:	Uhrglas	=	6,51
2. Wägung:	Uhrglas + Erde	=	11,86
	folglich Erde netto	=	5,35
3. Wägung:	Fläschchen + Salzsäure	=	81,99
4. Wägung:	Fläschchen + Salzsäure + Erde	=	87,02.

Die 4. Wägung ergiebt weniger, als das Fläschchen mit der Salzsäure und der unveränderten Erde wiegen würde. Nämlich:

$$5{,}35 + 81{,}99 = 87{,}34$$
$$\text{4. Wägung} = 87{,}02$$
$$\text{Differenz} = 0{,}32.$$

Diese 0,32 g entsprechen dem Gewicht der Kohlensäure, welche durch die Salzsäure aus der Bodensubstanz ausgetrieben worden ist. Nimmt man an, dass diese Kohlensäure mit Kalkerde verbunden war, so lässt sich das Gewicht des Kalkes berechnen. Es bestehen nämlich 100 Theile Kalk aus 44 Theilen Kohlensäure und 56 Theilen Kalkerde. Folglich haben wir anzusetzen:

$$44 : 56 = 0{,}32 : x$$
$$x = 0{,}40.$$

Das heisst: 0,32 g Kohlensäure verbinden sich mit 0,40 g Kalkerde zu 0,72 g Kalk. Wir haben also 0,72 g Kalk in 5,35 g Bodensubstanz gefunden. Um die Prozentzahl zu berechnen, machen wir den Ansatz:

$$5{,}35 : 0{,}72 = 100 : x$$
$$x = 13.$$

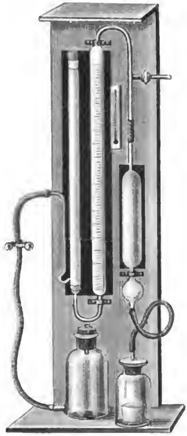
Also enthält der untersuchte Boden 13% Kalk.

Ausserordentlich bequem und zuverlässig ist das Arbeiten mit dem Scheibler'schen Apparate, wenn es darauf ankommt, den Kalkgehalt von daran nicht zu armen Gebilden rasch bis auf ¼—1% Genauigkeit zu erfahren. Man verwendet als Ausgangsmaterial den bei 100° C. getrockneten Feinboden oder, falls keine Körner über 2 mm Durchmesser vorhanden sind, direkt den Gesammtboden. Die Substanz ist in einem Gussstahlmörser ziemlich fein zu pulvern.

Der Scheibler'sche Apparat (Fig. 183) besitzt folgende Einrichtung: zwei Glasrohre von 28 mm lichtem Durchmesser sind an

einem Holzstativ in senkrechter Richtung befestigt. Das Rohr, welches der Beschauer zur Rechten hat, besitzt eine Theilung in ganze und halbe Kubikzentimeter. Es ist gut, wenn dieselbe bis zu 300 ccm durchgeführt ist. Unten sind die beiden Rohre mittelst eingefügter Gummistopfen durch eine halbkreisförmige Glasröhre mit einander in Verbindung gesetzt. Das Rohr links ist oben offen, wird aber, damit kein Staub hineinfällt, mit einem Wattepfropfen geschlossen. Von diesem Rohre geht unten eine Glasröhre ab, welche nach aufwärts gebogen ist und durch einen mit Quetschhahn versehenen Kautschukschlauch mit einer offenen Flasche, die unten mit Tubus versehen ist, in Verbindung steht. Der Schlauch muss so lang sein, dass man die Flasche bequem auf das über dem Stativ befindliche Brettchen setzen kann. Das graduirte Glasrohr rechts ist oben in eine Röhre ausgezogen und durch eine Kautschukverbindung mit einem nach unten zu umgebogenen Glasrohr verbunden. Letzteres hat rechts seitwärts ein Ansatzrohr mit Glashahn und an seinem unteren Theil schliesst sich ein spindelförmig erweitertes Rohr an, welches dazu dient, die entwickelte Kohlensäure aufzunehmen, damit dieselbe nicht in das graduirte Rohr hineinsteigen und von dem darin befindlichen Wasser absorbirt werden kann. Mit dem unteren Ende der Glasspindel wird durch einen Kautschukschlauch das Entwickelungsgefäss verbunden, eine einfache Glasflasche mit weitem Halse, in welchen ein mit Rohr versehener Kautschukstopfen genau hineinpasst.

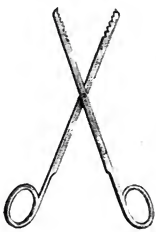
Fig. 183.



Bei dem Gebrauch des Apparats stellt man die mit Wasser gefüllte Glasflasche oben auf das Brett über dem Holzstativ und lässt, während der Glashahn rechts geöffnet ist, die beiden Rohre bis über die Theilung hinaus voll laufen. Darauf setzt man die Flasche herunter und lässt durch behutsames Oeffnen des Quetschhahnes allmählich so viel Wasser ablaufen, bis der untere Meniskus des Wasserspiegels im graduirten Rohre genau auf dem Nullstriche aufsitzt. In den beiden kommunizirenden Rohren wird sich das Wasser im gleichen Niveau einstellen. Um immer an-

nähernd die gleiche Tension des Wasserdampfes zu haben, schwenkt man die Entwickelungsflasche kurz vor dem Gebrauch mit einer konzentrirten Kochsalzlösung aus. Darauf bringt man in dieselbe mittelst einer Pipette 20 ccm Chlorwasserstoffsäure hinein, welche auf 1 Theil konzentrirte Säure 3 Theile Wasser enthält. Mit Hülfe einer geraden Tiegelzange (Fig. 184) setzt man nun ein kleines Porzellantiegelchen, in welchem sich etwa 4—8 g[1]) der zu untersuchenden Substanz befinden, vorsichtig in die Salzsäure hinein und drückt den Kautschukstopfen fest in den Hals der Flasche, jedoch ohne den Entwickelungsraum mit der warmen Hand zu berühren.

Fig. 184.



Nun schliesst man den Glashahn oben rechts und lässt etwa 20 cm^3 Wasser durch Oeffnen des Quetschhahns abfliessen. Dies geschieht deshalb, weil beim Umstürzen des Tiegelchens im Entwickelungsgefäss sogleich eine so starke Kohlensäureentwickelung stattfindet, dass das Wasser aus dem Rohre links herausgeschleudert werden würde. Nach dem Ablassen der 20 cm^3 Wasser wird das Niveau im Rohre rechts etwas sinken, sich jedoch bei einem dem verminderten Drucke entsprechenden Punkte fest einstellen. Sollte dies nicht der Fall sein, so würde der Apparat an irgend einer Stelle undicht sein. Nun ergreift man mit der linken Hand den Quetschhahn und fasst mit der rechten Hand die Entwickelungsflasche derartig, dass man den Daumen gegen den Hals links, den Zeigefinger oben auf den Kautschukstopfen und den Mittelfinger gegen den Hals rechts legt. Auf diese Weise kann man das Gefäss sehr fest halten und vermeidet eine Erwärmung durch die Hand. Man neigt die Flasche, bis der Porzellantiegel umfällt und setzt sie darauf in eine kreisförmig schüttelnde Bewegung. Während der Kohlensäureentwickelung lässt man durch Oeffnen des Quetschhahns immer so viel Wasser abfliessen, als das Niveau im Rohre rechts sinkt. Das Entwickelungsgefäss wird so lange geschüttelt, bis das Niveau im Rohre rechts konstant bleibt.

---

[1]) Für alle chemischen Untersuchungen benutzt man zweckmässig eine Bunge'sche analytische Wage neuester Konstruktion für 200 g Maximalbelastung, welche von Th. Herzberg (Paul Bunge's Nachfolger) in Hamburg, Ottostr. 13 (Eilbeck) für 30 M. zu beziehen ist. Dazu ein Gewichtssatz von 200 g für 40 M.

Darauf lässt man den Apparat 10 Minuten lang ruhig stehen, schüttelt nochmals, stellt das Wasser in den Rohren auf gleiches Niveau ein und liest dann die Anzahl der entwickelten Kubikzentimeter Kohlensäure ab. Unter Berücksichtigung der Temperatur und des jeweiligen Barometerstandes berechnet man das Gewicht der Kohlensäure oder des ihr entsprechenden Calciumkarbonats nach den von R. Finkener berechneten Tabellen (S. 396 u. 397), in welchen das Gewicht eines Kubikzentimeters Kohlensäure bei den verschiedenen Temperaturen und Barometerständen in Tausendstel-Milligrammen angegeben ist. In diese Zahl ist zugleich der Fehler eingerechnet, welcher dadurch entsteht, dass das Gas in feuchtem Zustande gemessen ist und dass ein Quantum Kohlensäure von der Salzsäure des Entwickelungsgefässes absorbirt wird.

Die Bestimmung der Kohlensäure durch Wägung aus dem Verlust. Das Verfahren beruht auf demselben Prinzip, wie das S. 391 dargestellte, liefert aber sehr viel genauere Resultate. Es giebt eine ganze Anzahl von Kohlensäure-Bestimmungsapparaten, von denen Wahnschaffe als besonders zweckmässig für die Bodenanalyse den von Laufer und Wahnschaffe verbesserten Mohr'schen Apparat empfehlen möchte. Derselbe besteht aus einem kleinen Glaskölbchen mit dünnem Boden und kurzem weitem Halse (Fig. 185). Dasselbe dient zur Aufnahme der zu untersuchenden Bodenprobe. Man trocknet das fein gepulverte Material, indem man es auf einem Uhrglase dünn ausbreitet, eine Stunde lang bei 100° C. im Trockenschranke. Darauf füllt man es heiss in ein kleines ebenfalls bei 100° C. ausgetrocknetes Glasröhrchen und verschliesst letzteres mit einem Korke. Nach dem Erkalten wägt man das Rohr mit Kork, schüttet dann 2—3 g der Substanz in das Glaskölbchen und wägt das Rohr zurück. Die Differenz der beiden Wägungen entspricht dem Gewichte der bei 100° C. getrockneten Ausgangssubstanz. In den Hals des Glaskölbchens ist ein hohler mit zwei Röhrenansätzen versehener Glasstopfen luftdicht eingeschliffen. In die Röhrenansätze sind zwei Glasröhren von verschiedener Form ebenfalls eingeschliffen. Das eine Rohr ist rechtwinkelig um- und dann wieder aufwärts gebogen und erweitert sich oberhalb der zweiten Biegung. Es dient zur

Fig. 185.



I. Tabelle zur Berechnung der Kohlensäure für den Scheibler'schen Apparat.

Die Zahlen geben das Gewicht von 1 ccm Kohlensäure in Tausendstel-Milligramm an.

Barometer	mm	742	744,5	747	749	751	753,5	756	758	760	762,5	765	767	769	771	774
	Pariser Zoll u. Linien	5‴	6‴	7‴	8‴	9‴	10‴	11‴	28″	1‴	2‴	3‴	4‴	5‴	6‴	7‴
Thermometer Celsius.	28°	1778	1784	1791	1797	1804	1810	1817	1823	1828	1833	1837	1842	1847	1852	1856
	27°	1784	1790	1797	1803	1810	1816	1823	1829	1834	1839	1843	1848	1853	1858	1863
	26°	1791	1797	1803	1809	1816	1822	1829	1835	1840	1845	1849	1854	1859	1864	1869
	25°	1797	1803	1810	1816	1823	1829	1836	1842	1847	1852	1856	1861	1866	1871	1876
	24°	1803	1809	1816	1822	1829	1835	1842	1848	1853	1858	1862	1867	1872	1877	1882
	23°	1809	1815	1822	1828	1835	1841	1848	1854	1859	1864	1868	1873	1878	1883	1888
	22°	1815	1821	1828	1834	1841	1847	1854	1860	1865	1870	1875	1880	1885	1890	1895
	21°	1822	1828	1835	1841	1848	1854	1861	1867	1872	1877	1882	1887	1892	1897	1902
	20°	1828	1834	1841	1847	1854	1860	1867	1873	1878	1883	1888	1893	1898	1903	1908
	19°	1834	1840	1847	1853	1860	1866	1873	1879	1884	1889	1894	1899	1904	1909	1914
	18°	1840	1846	1853	1859	1866	1872	1879	1885	1890	1895	1900	1905	1910	1915	1920
	17°	1846	1853	1860	1866	1873	1879	1886	1892	1897	1902	1907	1912	1917	1922	1927
	16°	1853	1860	1866	1873	1879	1886	1892	1898	1903	1908	1913	1918	1923	1928	1933
	15°	1859	1866	1872	1879	1886	1892	1899	1905	1910	1915	1920	1925	1930	1935	1940
	14°	1865	1872	1878	1885	1892	1899	1906	1912	1917	1922	1927	1932	1937	1942	1947
	13°	1872	1878	1885	1892	1899	1906	1913	1919	1924	1929	1934	1939	1944	1949	1954
	12°	1878	1885	1892	1899	1906	1912	1919	1925	1930	1935	1940	1945	1950	1955	1960
	11°	1885	1892	1899	1906	1913	1919	1926	1932	1937	1942	1947	1952	1957	1962	1967
	10°	1892	1899	1906	1913	1920	1926	1933	1939	1944	1949	1954	1959	1964	1969	1974

II. Tabelle zur Berechnung der mit dem Scheibler'schen Apparate gefundenen Kubikzentimeter Kohlensäure auf kohlensauren Kalk.

Die Zahlen drücken Tausendstel-Milligramm kohlensauren Kalk aus, entsprechend 1 ccm Kohlensäure.

Barometer mm	742	744,5	747	749	751	753,5	756	758	760	762,5	765	767	769	771	774
Pariser Zoll u. Linien	5‴	6‴	7‴	8‴	9‴	10‴	11‴	28″	1‴	2‴	3‴	4‴	5‴	6‴	7‴
Thermometer Celsius. 28°	4041	4056	4070	4085	4099	4114	4128	4143	4155	4166	4177	4187	4197	4208	4218
27°	4055	4070	4085	4099	4114	4129	4143	4158	4169	4179	4190	4200	4211	4222	4232
26°	4069	4084	4099	4114	4129	4144	4158	4172	4183	4193	4204	4214	4225	4236	4247
25°	4083	4098	4113	4128	4143	4158	4172	4186	4197	4208	4219	4230	4241	4256	4262
24°	4097	4112	4127	4142	4157	4172	4186	4200	4211	4222	4233	4244	4255	4266	4277
23°	4111	4126	4141	4156	4171	4186	4200	4214	4226	4237	4248	4259	4270	4281	4292
22°	4125	4140	4155	4170	4185	4200	4214	4228	4240	4252	4263	4274	4285	4296	4307
21°	4139	4154	4169	4184	4199	4214	4229	4243	4255	4267	4279	4290	4301	4312	4322
20°	4153	4169	4184	4199	4214	4229	4243	4257	4269	4281	4292	4303	4314	4325	4336
19°	4168	4183	4198	4213	4228	4243	4258	4272	4284	4296	4307	4318	4329	4340	4351
18°	4182	4198	4213	4228	4243	4258	4272	4286	4298	4310	4321	4332	4343	4354	4365
17°	4197	4212	4227	4242	4257	4272	4286	4300	4312	4324	4335	4346	4357	4368	4379
16°	4211	4226	4241	4256	4271	4286	4300	4314	4326	4338	4349	4360	4371	4382	4393
15°	4225	4241	4256	4271	4286	4301	4315	4329	4341	4353	4364	4375	4386	4397	4408
14°	4240	4256	4271	4286	4301	4316	4331	4345	4357	4368	4379	4390	4401	4412	4423
13°	4255	4271	4286	4301	4316	4331	4346	4361	4373	4384	4395	4406	4417	4428	4439
12°	4270	4286	4301	4316	4331	4346	4361	4376	4388	4399	4410	4421	4432	4443	4454
11°	4285	4301	4316	4331	4346	4361	4376	4391	4403	4415	4426	4437	4448	4459	4470
10°	4300	4316	4332	4348	4364	4378	4394	4407	4419	4430	4441	4453	4464	4475	4486

Aufnahme von Chlorcalcium und wird in der Weise gefüllt, dass man zuerst einen kleinen Wattepfropfen lose hineinschiebt, darauf eine Lage linsengrosser Chlorcalciumstückchen schichtet, einen zweiten Wattepfropfen darauf setzt und mit dem eingeschliffenen Glasstopfen, der oben einen Röhrenansatz besitzt, verschliesst. Ueber das Ende der Röhre zieht man ein Stückchen Kautschukschlauch, in welches man oben einen kleinen Glasstab hineingeschoben hat. Das andere Rohr reicht fast bis zum Boden des Gefässes herab und besitzt oben einen Glashahn zum Einlassen der Säure in den Apparat. Oben ist das Rohr zur Aufnahme der letzteren birnenförmig erweitert und wird mit Glasstopfen, Kautschukschlauch und Glasstab in derselben Weise verschlossen, wie das andere Rohr. Die Füllung mit verdünnter Säure (1 Theil konzentrirte Säure und 10 Theile Wasser) geschieht in der Weise, dass man das birnenförmige Rohr umkehrt, in die Säure eintaucht und bei geöffnetem Glashahn letztere so weit heraufsaugt, bis die Birne fast gefüllt ist. Dann schliesst man den Hahn, trocknet den Röhrenansatz mit Fliesspapier aus und setzt erst dann den Kautschukverschluss darauf. Die Substanz im Kölbchen wird mit etwas destillirtem Wasser übergossen. Nachdem man alle Röhren fest eingesetzt, den Apparat mit einem trockenen Lederlappen abgewischt und ihn eine halbe Stunde im Wagezimmer stehen gelassen hat, wägt man ihn. Sodann entfernt man die Kautschukröhren und lässt die Säure tropfenweis in das Kölbchen einfliessen. Nachdem die Kohlensäure ausgetrieben, erhitzt man mit einer ganz kleinen Flamme den Boden des Kölbchens, indem man dasselbe auf eine Platte von Asbestpappe mit kreisförmigem Ausschnitt setzt. Das Säurerohr muss hierbei geschlossen sein. Nachdem man es fast bis zum Kochen erhitzt hat, so dass die im Wasser absorbirte Kohlensäure ausgetrieben worden ist, lässt man den Apparat erkalten und saugt zuletzt, um alle Kohlensäure aus demselben zu entfernen, einen langsamen Luftstrom hindurch, indem man das Chlorcalciumrohr mit einem Aspirator verbindet. Darauf verschliesst man den Apparat mit den Kautschukverschlüssen, lässt ihn eine halbe Stunde lang im Wagezimmer stehen, damit er die Temperatur desselben wieder annimmt, lüftet vor dem Wägen den Kautschukverschluss am Chlorcalciumrohr zur Ausgleichung des Luftdruckes und wägt mit aufgesetzten Kautschukverschlüssen.

Wenn alle Vorsichtsmassregeln genau befolgt werden und man vor allen Dingen darauf achtet, dass die Flüssigkeit beim Erhitzen

nicht in das Kochen geräth, so kann man durch diese Methode die Kohlensäure bis zu Zehntelprozenten genau bestimmen.

Die Untersuchung des Sandes. Den gesammten Sand eines Bodens erhält man in reinem Zustande durch die Schlämmanalyse. In vielen Fällen wird es nun von Wichtigkeit sein, neben der mechanischen Beschaffenheit des Sandes, d. h. neben der Korngrösse und äusseren Form, auch die mineralogische und petrographische kennen zu lernen, weil dieselbe einmal im Stande ist, uns Hinweise über die Herkunft des Gesammtgebildes zu geben, und weil sie sodann von grosser wirthschaftlicher Bedeutung sein kann; ist doch zweifellos ein Boden mit Kalk-, Feldspath- oder Glaukonitsand von ganz anderer Fruchtbarkeit, als ein solcher mit reinem Quarzsande!

Der Grand über 2 mm lässt sich ohne Weiteres in seine Bestandtheile zerlegen durch blosses Auslesen der gleichmässigen Gemengtheile; den Gehalt an Kalksteinchen erhält man am sichersten, wenn man eine abgewogene Menge Grand oder groben Sand in einem Schälchen mit Wasser übergiesst, welches mit Salzsäure schwach angesäuert ist. Nimmt man mittelst einer Platinpinzette diejenigen Stücke heraus, die durch Kohlensäureentwickelung sich als Kalksteine verrathen und wägt den ausgewaschenen und getrockneten Rest, so ergiebt die Differenz den Gehalt an Kalkkörnern.

Gröbere Sande bis zu 1/2 mm Durchmesser herab legt man feucht auf ein Blatt dunklen Glanzpapieres, und sucht die nach Farbe, Glanz, Härte, Spaltbarkeit, Durchsichtigkeit oder magnetischen Eigenschaften zusammengehörenden Körnchen mit der Pinzette oder mittelst eines spitzen Wachsstäbchens aus. Man braucht bei den kleinen Körnchen selbstverständlich eine Lupe und kann sich zweckmässig einer kleinen Standlupe bedienen. Die ausgelesenen Körnchen wägt man in einem Uhrgläschen und berechnet sie auf Prozente der betreffenden Korngrösse.

Bei noch feineren Sanden kommen diejenigen Trennungsmethoden in Anwendung, die bei der Petrographie ihre Besprechung finden werden.

Eine sehr grosse Schwierigkeit bietet die Feststellung derjenigen Kieselsäuremenge, die als Quarz in den feinen Sanden und in den thonhaltigen Theilen enthalten ist. Der Quarz kann nämlich durch keine der bekannten chemischen oder mechanischen Methoden vom Feldspath getrennt werden; J. Hazard hat deshalb

eine indirekte Methode angewendet und beschrieben [1]), die darauf beruht, dass ein Theil der gesteinsbildenden Silikate durch verdünnte Schwefelsäure bei hoher Temperatur und hohem Drucke vollständig zerlegt wird. Aus den angestellten Vorversuchen ergab sich, dass Muskowit, Biotit, Granat, Turmalin, Talk, Hornblende, Hypersthen, Diallag und Pyroxen vollständig aufgeschlossen werden, während von den Feldspäthen nur Anorthit und Labrador zersetzt werden, während Orthoklas, Albit und Oligoklas unzersetzt zurückbleiben.

Der Gang der eigentlichen Untersuchung ist folgender: Das äusserst sorgfältig gepulverte Mineralgemenge wird mit 2 Theilen konzentrirter Schwefelsäure und 1 Theil Wasser in einer Glasröhre, wie sie bei der Thonbestimmung (s. unten) angewendet wird, eingeschmolzen und 6 Stunden lang einer Temperatur von 250° ausgesetzt. Nach dem Oeffnen des Rohres wird dessen Inhalt in eine Schale ausgespült, nöthigenfalls das an den Glaswandungen haften gebliebene vermittelst eines mit kurzem Kautschukschlauche versehenen Glasstabes entfernt und die Säure gehörig verdünnt. Hierauf wird filtrirt, der Rückstand oberflächlich ausgewaschen und das Filter nebst Inhalt in mässig verdünnte Kalilauge gebracht und eine Stunde lang auf dem Wasserbade digerirt, die Lösung abermals mit Wasser verdünnt, abfiltrirt, anfangs mit verdünnter heisser Kalilauge und dann mit verdünnter Salzsäure ausgewaschen. Das wohl getrocknete Filter wird hierauf sammt seinem Inhalte in einem Platintiegel eingeäschert und gewogen. Es sind nunmehr alle zersetzbaren Mineralien zerstört und nur noch der Quarz nebst den genannten drei unzersetzbaren Feldspäthen vorhanden.

Mit diesem Gemenge verfährt man wie bei der Silikatanalyse, indem man es im Platintiegel mit der fünffachen Menge von wasserfreiem Natriumkarbonat vermischt und anfangs über einem gewöhnlichen Brenner, später über dem Gebläse bei aufgelegtem Deckel so lange erhitzt, bis die Masse ruhig fliesst und sich keine Kohlensäurebläschen mehr entwickeln. Die erkaltete Schmelze bringt man im Tiegel in ein Becherglas, übergiesst sie mit destillirtem Wasser, kocht und fügt mittelst einer Pipette in kleinen Portionen konzentrirte Salzsäure so lange zu, bis kein Aufbrausen mehr erfolgt.

---

[1]) Fresenius, Zeitschrift für analytische Chemie. XXIII. Heft 2. S. 158—160.

Den Tiegel hebt man mittelst Glaszange oder Platinpinzette heraus und spült ihn sorgfältig mit destillirtem Wasser über dem Becherglase ab. Zur Lösung giebt man einige Tropfen Salpetersäure und dampft die Lösung sammt der ausgeschiedenen Kieselsäure in einer Porzellanschale auf dem Wasserbade bis zur staubförmigen Trockne ein. Sobald die Lösung dickflüssig wird, muss man sie zur Verhütung der Entstehung grösserer Kochsalzkrystalle beständig mit einem Glaspistill umrühren. Nach dem völligen Eintrocknen giebt man etwas destillirtes heisses Wasser zu und dampft unter Umrühren abermals so lange ein, bis alle Salzsäure verjagt und die Kieselsäure als ein in Säuren völlig unlösliches Pulver abgeschieden ist. Dann wird die ganze Masse mit Wasser und Salzsäure gekocht und filtrirt und die auf dem Filter zurückbleibende Kieselsäure so lange ausgewaschen, bis sie völlig chlorfrei ist. Nach dem Trocknen bei 100° C. wird sie im Platintiegel geglüht und nach dem Erkalten gewogen.

Im Filtrate wird hierauf Eisenoxyd und Thonerde mit Ammoniak ausgefällt und die Menge des ersteren durch Titriren des Gemenges mittelst Chamäleonlösung bestimmt. Aus dem hierbei verbleibenden Filtrate wird schliesslich noch durch Ausfällung mittelst oxalsauren Ammoniaks die Kalkerde bestimmt.

Mit den drei erhaltenen Werthen für Kieselsäure (a), Thonerde (b) und Kalkerde (c) hat man nun die Elemente zur Berechnung des Quarzgehaltes erlangt. Nach der Tschermak'schen Konstitutionsformel für den Anorthit berechnet man zunächst die der gefundenen Kalkerde äquivalente Thonerdemenge (b'), indem man ihr Gewicht mit 1,83214 multiplizirt. Für den gefundenen Werth b' berechnet man die zugehörige Kieselsäuremenge a' durch Multiplikation von b' mit 1,16959. Nun zieht man die Anorthitthonerde b' von der Gesammtthonerde b ab und berechnet die dem Reste b'' äquivalente, im Orthoklas und Albit enthaltene Kieselsäure a'' durch Multiplikation mit 3,50878. Die Summe von a' und a'' zieht man von der gefundenen Gesammtkieselsäure ab und hat im Reste den im Gemenge enthaltenen Quarz. In eine Formel gebracht und zusammengezogen ist die als Quarz vorhandene Kieselsäuremenge $x = a - 3{,}50878\,b + 4{,}28573\,c$.

3. Die Bestimmung des Humusgehaltes. Eine zuverlässige und zugleich einfache, mit geringen Hülfsmitteln ausführbare Methode zur Bestimmung des Humusgehaltes im Boden giebt es

bislang leider nicht. Da es nun aber sehr schwer ist, besonders bei humusreicheren Böden den Humusgehalt einigermassen richtig zu schätzen, und darum ein einfaches Verfahren, welches wenigstens einen gewissen Anhalt gewährt, sehr wünschenswerth ist, so hat man versucht, die modifizirte Glühverlustbestimmung für diesen Zweck dienstbar zu machen. Man verfährt dabei folgendermassen: 10 g des lufttrockenen Feinbodens werden in einem Porzellan- oder Platintiegel genau abgewogen und hierauf im Trockenkasten 2 Stunden lang einer Temperatur von 140—150° C. ausgesetzt. Die Temperatur darf nicht höher steigen, als bis 150°, weil sonst bereits die Zersetzung der Humussubstanzen beginnen würde. Hat man keinen Trockenkasten, so kann man sich eines Sandbades bedienen, dessen Temperatur nicht so hoch steigen darf, dass in den Sand gesteckte Filtrirpapierstreifchen sich bräunen. Ist der Tiegel so weit abgekühlt, dass man ihn anfassen kann, so bringt man ihn schnell auf die Wage und wägt ihn warm, oder man lässt ihn in einem Exsikkator, falls ein solcher zur Verfügung steht, erkalten und wägt ihn dann möglichst schnell, aber genau. Der Gewichtsverlust entspricht dem bei dem Trocknen bis 150° entfernten Wasser.

Nun wird der Tiegel über einer Berzelius-Spirituslampe oder einem Bunsen'schen Gasbrenner erst schwach, dann aber mit immer stärkerer Flamme geglüht. Man durchrührt während dessen unter sorgfältiger Vermeidung von Verlusten den Boden mit einem starken Platindrahte und wird bemerken, wie die Humustheile anfangen zu glimmen und zu verbrennen. Wenn diese Erscheinung vollständig aufgehört hat, lässt man die Substanz erkalten und fügt ihr dann einige Tropfen einer Lösung von kohlensaurem Ammoniak zu. Durch das starke Glühen ist nämlich nicht nur der Humusgehalt verbrannt, sondern auch aus dem etwa vorhanden gewesenen kohlensauren Kalke die Kohlensäure ausgetrieben und der Kalk in Aetzkalk verwandelt; durch die Hinzufügung des kohlensauren Ammoniaks wird dieser Aetzkalk wieder in kohlensauren Kalk zurück verwandelt. — Hat man sich durch die Prüfung mit Salzsäure vorher von der völligen Abwesenheit des kohlensauren Kalkes überzeugt, so ist die Hinzufügung von kohlensaurem Ammoniak natürlich überflüssig. — Nach der Regenerirung des kohlensauren Kalkes erhitzt man den Tiegel nochmals ganz schwach zur Verjagung des Ammoniaks und lässt ihn, wie vor der ersten Wägung, entweder erkalten, oder bringt ihn warm auf die Wage. Die Gewichtsabnahme gegenüber der letzten Wägung bezeichnet man als den Glühverlust des

Bodens. Es wäre aber durchaus falsch, diesen Glühverlust nunmehr direkt als Humus zu betrachten. Er setzt sich vielmehr zusammen aus dem Humus und demjenigen Wasser, welches in den Bodengemengtheilen chemisch so kräftig gebunden ist, dass es bei einer Temperatur von 150° noch nicht vertrieben werden kann. Die Menge dieses Wassers ist aber, da dasselbe zuallermeist in der Thonsubstanz enthalten ist, von der Menge derselben abhängig, ist also gering in sandigen, grösser in lehmigen, am grössten in strengen thonigen Böden. Leider aber ist es bis heute nicht möglich, die hierin liegende Fehlerquelle zu beseitigen; Nowacki hat vorgeschlagen, bei rein sandigen, kiesigen und grusigen Böden den ganzen Glühverlust als Humus zu rechnen, dagegen bei lehmigen Sandböden ein Viertel, bei Lehmböden ein Drittel und bei Thon- und strengen Lehmböden die Hälfte des Glühverlustes als chemisch gebundenes Wasser in Berechnung zu bringen. Diese empirischen Zahlen genügen aber nur für Böden mit nicht zu geringem Humusgehalte und ergeben bei humusarmen Thonböden offenbar zu hohe Ziffern für den Humusgehalt. Die Methode ist also nur mit Vorsicht zu gebrauchen, und die erhaltene Zahl darf niemals Anspruch auf irgend welchen wissenschaftlichen Werth erheben. Die Glühverlustbestimmung darf also nur bei thonfreien Böden (Torf, Moorerde, Moormergel, Sand, Kies) zur Ermittelung des Humusgehaltes verwendet werden; der Humusgehalt thoniger Böden kann dagegen nur durch exakte chemische Methoden ermittelt werden, unter denen die Elementaranalyse selbstverständlich die genauesten Ergebnisse liefert. Ihre Darstellung liegt ausserhalb des in diesem Buche zu Besprechenden. Für die weitaus meisten Fälle wird die Knop'sche Methode der Humusbestimmung genügen, die wir nach Wahnschaffe l. c. S. 57 beschreiben.

Die Knop'sche Methode beruht darauf, den im Humus enthaltenen Kohlenstoff durch Oxydation mit Chromsäure in Kohlensäure zu verwandeln und letztere in einem wägbaren Absorptionsapparate aufzufangen.

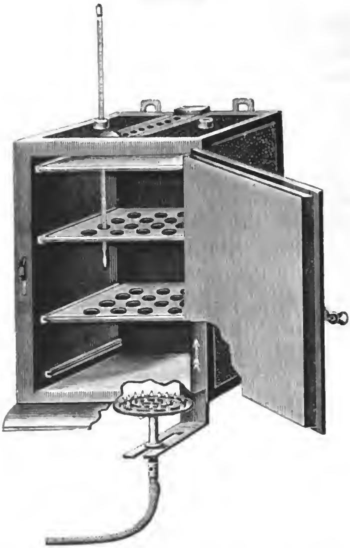
Etwa 2—10 g Feinboden (unter 2 mm D.) der zu untersuchenden Substanz werden auf einem Uhrglase ausgebreitet und im Trockenschranke (Fig. 186)[1]) mindestens eine Stunde lang bei

---

[1]) Figur 186 stellt einen Trockenschrank dar, welcher von R. Muencke angegeben worden ist und für das Trocknen bei konstanter Temperatur sehr empfohlen werden kann. Der aus starkem Eisenblech gefertigte Kasten ist

100° C. getrocknet. Diese Temperatur darf nicht überschritten werden, da schon bei 110° C. das aus dem Humus abdestillirte

Fig. 186.

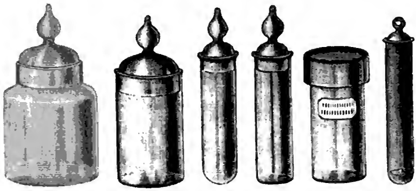


Wasser zuweilen bräunlich gefärbt ist, was auf eine Zersetzung hindeutet. Zugleich mit der Substanz setzt man ein Wägegläschen

mit doppelten Wänden versehen, so dass die heissen Verbrennungsgase in dem durch die Doppelwand gebildeten Zwischenraume den Kasten mit Ausnahme der ebenfalls doppelwandigen eingefalzten Thür allseitig umgeben. Von aussen ist der ganze Schrank mit einem Mantel von Asbestpappe versehen. Auf der Oberdecke entweichen die Verbrennungsgase durch die angebrachten Oeffnungen, welche durch einen Schieber mehr oder weniger weit geöffnet werden können. Die beiden Tuben dienen zur Aufnahme des Thermometers und eventuell auch zur Anbringung eines Wärmeregulators. Im Innern ist oben zum Schutze eine mit zwei Löchern versehene Glasplatte unmittelbar unter der Decke eingelegt. Die sehr gleichmässige Erwärmung geschieht durch eine mit zwanzig kleinen Flämmchen versehene Gasspirale, welche durch Hoch- und Niederstellen mittelst zweier Schrauben beliebig eingestellt werden kann.

(Fig. 187) in den Trockenschrank hinein, nimmt jedoch den luftdicht in dasselbe eingeschliffenen Stopfen vorher ab. Nachdem die Substanz getrocknet ist, bringt man sie heiss in das Wägegläschen, verschliesst dasselbe und lässt es im Exsikkator erkalten. Sodann wägt man es und schüttet von der Substanz je nach dem grösseren oder geringeren Humusgehalt derselben 1—10 g vorsichtig, ohne etwas zu verstäuben, in ein Glaskölbchen mit weitem Hals, in welchem die Oxydation der Humussubstanz ausgeführt werden soll.

Fig. 187.



Man kann hierzu den bereits beschriebenen Kohlensäurebestimmungsapparat (Fig. 185) benutzen. Hat man einen solchen nicht zur Hand, so setzt man auf das Glaskölbchen einen doppelt durchbohrten Kautschukstopfen. Durch die eine Bohrung steckt man ein gerade aufsteigendes und unten etwas umgebogenes Glasrohr, welches oben mit Kautschukröhre und Glasstab verschlossen wird. Durch die andere Bohrung geht das Chlorcalciumrohr hindurch, welches oberhalb des Stopfens umgebogen ist und im Uebrigen dieselbe knieförmige Gestalt besitzt, wie sie bereits bei dem Kohlensäurebestimmungsapparate (Fig. 185) beschrieben wurde. Man thut gut, bei Beginn der Operation das gerade Rohr nicht in die Flüssigkeit einzusenken, da es sich sonst unten durch die ausgeschiedene Chromsäure leicht verstopft.

Die abgewogene, im Kölbchen befindliche Substanz übergiesst man mit 20—30 ccm destillirtem Wasser und fügt 30—40 ccm konzentrirte Schwefelsäure hinzu. Man lässt dieselbe am besten durch einen Trichter nach und nach einfliessen. Bei der Vermischung der Säure mit Wasser findet eine sehr starke Erhitzung statt, so dass sowohl die im Boden frei vorhandene Kohlensäure, als auch die an Kalk gebundene vollständig ausgetrieben wird. Ist viel Calciumkarbonat vorhanden, wie dies

z. B. bei Moormergeln der Fall ist, so darf man die Schwefelsäure nur ganz langsam und unter stetigem Abkühlen des Gefässes einfliessen lassen, da sonst ein Ueberschäumen der Flüssigkeit stattfindet. Vor Beginn der Oxydation lässt man das Kölbchen völlig erkalten und saugt die über der Flüssigkeit stehende Luft heraus, um die letzten Spuren der Kohlensäure zu entfernen.

Da häufig in dem Boden noch nicht völlig humifizirte Pflanzenreste vorkommen, die sich jedoch nicht gut vorher auslesen lassen, so lässt man die Schwefelsäure einige Tage lang mit der Substanz in Berührung. Es findet nun eine Verkohlung der organischen Reste statt und die Oxydation dieser und des Humus zu Kohlensäure mit Chromsäure vollzieht sich rascher und gleichmässiger.

Nachdem man den zuvor gewogenen Geissler'schen Kaliabsorptionsapparat mit dem Chlorcalciumrohr verbunden hat, schüttet man 10—15 g gepulvertes Kaliumbichromat durch eine in das Kölbchen hineingesteckte Papierröhre rasch zur Substanz und verschliesst den Apparat sofort mit dem Kautschukstopfen. Um Fehler zu vermeiden, die dadurch entstehen können, dass bei allzu stürmischer Entwickelung der Kohlensäure ein Spritzen der Flüssigkeit gegen den Kautschukstopfen stattfindet, umgiebt man die Unterseite desselben zweckmässig mit einem dünnen Platinbleche. Man bringt nun eine ganz kleine Flamme unter das Kölbchen und regulirt die beim Erwärmen beginnende Kohlensäureentwickelung derartig, dass immer eine Blase in der Sekunde durch den Geissler'schen Apparat hindurchgeht. Wird die Entwickelung lebhafter, so mässigt man die Flamme; lässt sie nach, so erhitzt man stärker.

Das Kaliumbichromat wird durch die Schwefelsäure in folgender Weise zersetzt: $Cr_2O_7K_2 + H_2SO_4 = 2(CrO_3) + K_2SO_4 + H_2O$. Die freie Chromsäure oxydirt durch ihren Sauerstoff den Kohlenstoff der Humussubstanzen zu Kohlensäure. In der Flüssigkeit bildet sich, da stets Ueberschuss an Schwefelsäure vorhanden ist, gewöhnlich Chromalaun, $(SO_4)_2CrK + 12 H_2O$. Die Erhitzung wird bis zum Kochen gesteigert, bis keine merkliche Kohlensäureentwickelung mehr stattfindet. Zuletzt senkt man das gerade stehende Glasrohr in die Flüssigkeit ein und verbindet es mit einer Kaliwaschflasche, während man einen langsamen Luftstrom durch den ganzen Apparat hindurchsaugt. Man entfernt nun die Flamme und verfährt im Uebrigen ganz so, wie dies bei der Kohlensäurebestimmung angegeben ist.

Um aus der gefundenen Kohlensäure die Menge des wasser- und stickstofffreien Humus annähernd berechnen zu können, ist man übereingekommen, für denselben, gleichviel in welcher Form er sich im Boden findet, einen durchschnittlichen Kohlenstoffgehalt von 58 % anzunehmen. Man hat daher die gefundene Kohlensäuremenge nur mit dem Faktor 0,471 zu multipliziren, um den Humusgehalt zu erfahren.

Da bei etwa vorhandenem Schwefeleisen durch Entwickelung geringer Mengen Schwefelwasserstoff oder bei Anwesenheit von Chloriden durch entweichendes Salzsäuregas Fehler entstehen können, so empfiehlt es sich, zwischen dem Chlorcalciumrohr und dem Geissler'schen Apparate eine U-förmige Röhre einzuschalten. Dieselbe wird mit Bimsteinstückchen gefüllt, die mit Kupfervitriol getränkt und bis zur Hydratwasseraustreibung des letzteren erhitzt waren. Hierdurch wird das Schwefelwasserstoff- und Chlorwasserstoffgas zurückgehalten.

4. Die Thonbestimmung. Der gesammte Thongehalt eines Bodens ist zwar in dem bei einer Geschwindigkeit von 2 mm abgeschlämmten Theilprodukte enthalten, aber es ist völlig verkehrt, wie dies früher meist geschah, dieses direkt als Thon zu bezeichnen. Wie die chemische und mikroskopische Untersuchung lehrt, sind nämlich in diesen „thonhaltigen Theilen“ neben den als „Thon“ zusammengefassten in allen möglichen Stadien der Verwitterung befindlichen Thonerdesilikaten noch eine Reihe von unzersetzten, theilweise thonerdefreien Mineralien enthalten, unter denen der Quarz in Form feinsten Mehles und in vielen Fällen der Kalk die wichtigsten sind. Um nun die sogen. Thonsubstanzen von den übrigen Mineralien zu trennen, benutzt man die Eigenschaft des Thones, sich in heisser Schwefelsäure aufzulösen, der gegenüber Quarz und Feldspath sich indifferent verhalten.

An groben Bestandtheilen reiche Böden werden, um sie zur Thonuntersuchung vorzubereiten, zunächst bei 2 mm Geschwindigkeit geschlämmt; das Schlämmprodukt wird, wie oben angegeben, getrocknet. Böden ohne grobe Gemengtheile (Mergelsand, Löss, Thon, Letten) werden durch direktes Pulverisiren im Achatmörser zur Aufschliessung vorbereitet. Die Aufschliessung selbst bewerkstelligt man, um die verschiedenen Untersuchungen unter möglichst gleichen Bedingungen ausführen zu können, am besten in einem zugeschmolzenen Rohre aus schwer schmelzbarem Kaliglase, dem man ohne

Berücksichtigung des Halses eine Länge von etwa 30 cm giebt (Fig. 188), und welches man unten in eine durch Schmelzen am Gebläse zu verdickende Kapillare auszieht. Oben zieht man die Röhre ebenfalls etwas aus, so dass sich ein Hals bildet, der jedoch so weit bleiben muss, dass das Wägeröhrchen noch bequem hin-

Fig. 188.



durchgesteckt werden kann. Vor dem Gebrauch wird das Rohr mit Königswasser ausgekocht, mit destillirtem Wasser ausgespült und getrocknet.

Bei Ausführung der Analyse werden 1—2 g der zerriebenen Substanz bei 100° C. anhaltend getrocknet und sodann heiss in ein ebenfalls ausgetrocknetes langes und dünnes Wägeröhrchen eingefüllt, welches mit einem Kork verschlossen wird. Nach dem Erkalten wird die Substanz aus dem Wägeröhrchen in das Kaliglasrohr hineingeschüttet, indem man ersteres möglichst weit in dasselbe hineinschiebt, um dadurch zu verhüten, dass Substanz im Halse hängen bleibt. Darauf wird das Wägeröhrchen zurückgewogen.

Man bringt nun mittelst einer Pipette 20 ccm reine verdünnte Schwefelsäure (1 Volumen konzentrirte reine Schwefelsäure und 5 Volumina Wasser) in das Kaliglasrohr hinein und schmilzt es, indem man es aufrecht hält, durch Ausziehen des Halses am Gebläse zu. Die Spitze muss ebenfalls in eine Kapillare ausgezogen sein, da nur diese dem starken Drucke beim Erhitzen Widerstand leistet, während dagegen eine rund abgeschmolzene Röhre bei höherer Erhitzung sehr leicht platzt.

Enthält die Substanz kohlensauren Kalk, so muss die Schwefelsäure ganz allmählich hinzugefügt und das Rohr vor dem Zuschmelzen in kochendes Wasser gestellt werden, damit alle Kohlensäure entweichen kann.

Die zugeschmolzenen Glasröhren werden nun in einen Röhren- oder Schiessofen eingelegt, welcher so eingerichtet ist, dass er vier Röhren aufnehmen kann. Dieselben werden 6 Stunden lang bei 220° C. erhitzt und nach dem völligen Erkalten in der Weise geöffnet, dass man mit einem Diamanten oben einen Ring rings herum zieht und die Spitze eines glühenden Glasstabes dagegen

hält. Das Rohr springt dann ganz glatt ab und man kann seinen Inhalt unter Anwendung einer Spritzflasche bequem in ein Becherglas entleeren. Die Flüssigkeit wird stark verdünnt in dem Falle, dass viel Calciumkarbonat vorhanden war, zur Auflösung des gebildeten Gypses mit etwas Salzsäure versetzt und bis zum Kochen erhitzt, während man ein Uhrglas darüber deckt. Darauf lässt man die Substanz sich setzen und dekantirt die Flüssigkeit durch ein Filter. Zuletzt bringt man auch die ungelöste Substanz auf das Filter und wäscht letzteres so lange mit heissem destillirtem Wasser aus, bis ein vom Trichter ablaufender Tropfen beim Versetzen mit Chlorbaryumlösung keine Trübung mehr erkennen lässt.

Das Filtrat wird zur Oxydation des Eisenoxyduls mit Bromwasser versetzt und bei aufgedecktem Uhrglase so lange gekocht, bis die gelbe Färbung der Flüssigkeit wieder verschwindet und kein Bromgeruch mehr zu bemerken ist.

Darauf entfernt man die Flamme und versetzt die Flüssigkeit unter stetigem Umrühren mit einem Glasstabe mit verdünntem Ammoniak, bis sie schwach ammoniakalisch riecht und ein Stückchen hineingeworfenes rothes Lackmuspapier anhaltend bläut. Der entstandene Niederschlag besteht aus Aluminium- und Eisenhydroxyd $= Al(OH)_3 + Fe(OH)_3$. Hat man zu viel Ammoniak hinzugefügt, so muss man die Flüssigkeit längere Zeit erhitzen, um den grössten Theil desselben wieder zu vertreiben, da das Aluminiumhydroxyd in überschüssigem Ammoniak etwas löslich ist.

Man giesst nun die Flüssigkeit kochend heiss und ohne dass sich der Niederschlag zuvor abgesetzt hat, durch ein Filter, welches man so an den Trichter angelegt hat, dass ein recht schnelles Filtriren möglich ist. Das Filter darf nur so weit mit der Flüssigkeit angefüllt werden, dass noch ein mindestens 1 cm hoher Rand übrig bleibt, da im anderen Falle das Auswaschen des Niederschlages sehr erschwert ist. Man darf bei dem Filtriren den Trichter nie ganz ablaufen lassen, weil der gelatinöse Niederschlag sich sonst fest an das Papier anlegt und dasselbe verstopft. Nachdem der Niederschlag aus dem Becherglase auf das Filter übergeführt ist und die am Glase anhaftenden Theilchen mit einer Feder- oder Gummifahne herausgebracht worden sind, wäscht man den Niederschlag so lange mit heissem Wasser unter Anwendung einer Spritzflasche aus, bis ein ablaufender Tropfen mit Chlorbaryumlösung keine Trübung mehr zeigt.

Der Eisenoxyd-Thonerde-Niederschlag wird bei 100° C. im

Trockenschrank anhaltend getrocknet, wobei er sehr zusammenschwindet, so dass man ihn fast vollständig vom Filter ablösen kann. Man legt einen Viertelbogen weisses Papier auf den Tisch, stellt einen gewogenen Platintiegel darauf und bringt den Niederschlag vom Filter dadurch hinein, dass man die Innenseiten des Papiers gegen einander reibt. Etwa abspringende Körnchen gelangen auf die Papierunterlage und werden ebenfalls in den Tiegel hineingeschüttet. Nachdem man den Niederschlag möglichst vom Filter abgelöst, faltet man dasselbe zusammen, umwickelt es mit einem feinen Platindrahte und verbrennt und glüht es in der Spitze der Flamme eines Bunsen'schen Brenners. Wenn die Kohle des Filters vollständig verbrannt ist, fügt man die Asche zu dem Niederschlag im Tiegel hinzu und glüht den letzteren längere Zeit stark, beginnt jedoch mit sehr mässiger Erhitzung, wobei man den Deckel auf den Tiegel deckt. Darauf lässt man die Substanz im Exsikkator erkalten und wägt sie möglichst schnell, da das Eisenoxyd und die Thonerde ziemlich hygroskopisch sind. Man thut sogar am besten, den Tiegel zweimal zu wägen, indem man die Gewichte der ersten Wägung auf der Wage stehen lässt, die Substanz wiederum glüht und nach dem Erkalten im Exsikkator nochmals wägt. Da die Gewichtsdifferenz höchstens 1—2 mg beträgt, so kann man das Gewicht schnell durch ein bis zwei Schwingungen der Wage ermitteln. Man erfährt so, nachdem man die Filterasche in Abzug gebracht hat, die Menge von Eisenoxyd und Thonerde $= Al_2O_3 + Fe_2O_3$, welche durch Schwefelsäure gelöst werden.

Die Trennung des Eisenoxyds von der Thonerde erfolgt nach einer der in der analytischen Chemie üblichen Methoden, also entweder durch Titriren des durch Wasserstoff zweiwerthig gemachten Eisens mittelst einer Lösung von Kaliumpermanganat, oder durch Trennung der Thonerde vom Eisenoxyd und Wägung der ersteren. In beiden Fällen erhält man einen Werth für den Gehalt an Aluminiumoxyd Al_2O_3. Um aus demselben den Thongehalt des Bodens zu erfahren, berechnet man für die gefundene Menge Thonerde die äquivalente Menge von wasserhaltigem Thon nach der Forchhammer'schen Formel ($Al_2O_3 . 2SiO_2 + 2H_2O$), indem man die gewogene Menge Thonerde mit dem Faktor 2,5294 multiplizirt. Da man die Thonbestimmung in den thonhaltigen Theilen (unter 0,05 mm Durchmesser) ausgeführt hat, so berechnet man die Thonmenge prozentisch auf den Gesammtboden.

Bei sehr feinen Bodenarten, beispielsweise bei Löss- und

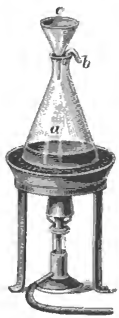
Schlickböden, sowie bei solchen Bodenarten, bei welchen man in Folge ihrer stark humosen Beschaffenheit eine Schlämmanalyse nicht ausführen kann, wird man die Aufschliessung mit Schwefelsäure im Rohr gleich mit dem Gesammtboden ausführen. Bei humosen Bodenarten wird man jedoch besser thun, die früher fast allgemein zur Thonbestimmung angewandte Methode, die Aufschliessung mit konzentrirter Schwefelsäure durch Erhitzen in einer offenen Platinschale, noch beizubehalten, obwohl dieselbe nicht so gleichmässige Resultate liefert wie die Aufschliessung im Rohr, bei der man die Konzentration der anzuwendenden Schwefelsäure, die Menge derselben, die Temperatur und die Zeit der Einwirkung immer in gleicher Weise reguliren kann.

Kapitel 50.

Die Bestimmung der Pflanzennährstoffe.

In den meisten Fällen wird es bei der Bestimmung der sogen. Pflanzennährstoffe sich darum handeln, die Gesammtsumme der im Boden vorhandenen, bereits zur Verfügung stehenden und in Zukunft verfügbar werdenden, für die Pflanze nothwendigen oder förderlichen Stoffe zu bestimmen. Man erhält dieselben dadurch in Lösung, dass man den Boden mit heisser konzentrirter Salzsäure auszieht. Will man nur die augenblicklich verfügbaren Nährstoffe kennen lernen, so bedient man sich zur Auslaugung kalten destillirten Wasser, oder eines bis zu $^1/_4$ mit reiner Kohlensäure gesättigten Wassers. Ich beschränke mich hier auf die Darstellung der Methode zur Bestimmung der gesammten im Boden vorhandenen Nährstoffe.

Fig. 189.



Beim Auszug mit heisser konzentrirter Salzsäure verfährt man in folgender Weise: Man wägt bei Sandböden 100, bei Thonböden 50 g des lufttrockenen Feinbodens und übergiesst dieselben in einem Erlenmeyer'schen Kochbecher mit 200 resp. 100 ccm konzentrirter reiner Salzsäure von 1,15 spez. Gewicht. Den Kochbecher stellt man auf ein Sandbad (Fig. 189) setzt ein kleines Trichterchen mit kurzer Trichterröhre (*c*) darauf, gebraucht jedoch die Vorsicht, zwischen

dem Hals des Kochbechers und dem Trichter ein kleines Stückchen Glasstab *b*, welches im Winkel von 45° gebogen ist, einzuschieben, damit die Dämpfe beim Kochen ungehindert entweichen können und ein Verspritzen der Flüssigkeit durch das Trichterrohr hindurch vermieden wird.

Der Boden wird nun genau 1 Stunde lang mit der Säure gekocht. Darauf fügt man destillirtes Wasser in grossem Ueberschuss hinzu, rührt mit einem Glasstabe um und lässt den Boden sich absetzen. Nachdem die überstehende Flüssigkeit sich geklärt hat, giesst man sie durch ein Filter ab und wäscht den Boden im Kochbecher so lange durch Dekantiren mit heissem Wasser aus, bis ein vom Trichter ablaufender Tropfen keine Trübung mit Silbernitrat mehr giebt. Es ist nicht nothwendig, den ganzen Boden auf das Filter zu bringen, weil man dadurch sein Auswaschen erschwert.

Das klare Filtrat versetzt man mit etwas Salpetersäure und bringt es auf dem Wasserbade in einer Porzellanschale zur staubigen Trockne, um die gelöste Kieselsäure abzuscheiden. Die Abscheidung der Kieselsäure muss sehr sorgfältig ausgeführt werden, da dieselbe sonst die Phosphorsäurebestimmung fehlerhaft beeinflusst.

Das Filtrat von der Kieselsäure versetzt man heiss mit Ammoniak und fällt dadurch das Eisenoxyd und die Thonerde. Man fügt sodann einige Tropfen Essigsäure hinzu, bis die Flüssigkeit ganz schwach sauer reagirt und kocht sie darauf nochmals auf. Den meist sehr bedeutenden Niederschlag bringt man auf zwei grosse, schnell filtrirende Filter, wäscht sie mit heissem Wasser gut aus und löst darauf den Niederschlag vom Filter mit einer Federfahne möglichst ab. Die am Filter haften gebliebenen Theile, sowie der abgelöste Niederschlag, werden in heisser verdünnter Salpetersäure aufgelöst. Die Lösung füllt man in ein 500 ccm fassendes Kölbchen und hebt daraus mit der Pipette 100 ccm zur Bestimmung des Eisens und der Thonerde ab, während man die übrigbleibenden 400 ccm bis auf eine kleine Menge abdampft und zur Phosphorsäurebestimmung benutzt. In den 100 ccm fällt man das Eisenoxyd und die Thonerde durch Ammoniak, wägt den geglühten Niederschlag, löst ihn in Salzsäure oder Kaliumbisulfat auf und bestimmt das Eisen durch Titriren mit Chamäleonlösung.

Das gesammte Filtrat des Hauptniederschlages versetzt man mit Schwefelammonium, wodurch das Mangan als Schwefelmangan

gefällt wird. Der Niederschlag wird abfiltrirt, mit schwefelammoniumhaltigem Wasser ausgewaschen und nach dem Trocknen in einem gewogenen Glühtiegel mit dem Filter verascht. Darauf fügt man etwas Schwefelblumen hinzu, erhitzt den Tiegel im Wasserstoffstrom und lässt ihn auch darin erkalten. Der grüne Rückstand im Tiegel besteht aus Mangansulfür (MnS), welches nach dem Erkalten im Exsikkator gewogen wird. Man berechnet das Mangansulfür auf die äquivalente Menge Manganoxyduloxyd, indem man es mit dem Faktor 0,877 multiplizirt.

Das Filtrat vom Schwefelammoniumniederschlage wird unter einem Abzuge mit Salzsäure übersättigt und so lange gekocht, bis der anfangs milchig ausgeschiedene Schwefel sich am Boden zusammengeballt hat, so dass die überstehende Flüssigkeit klar ist. Der Schwefel wird abfiltrirt, das Filter ausgewaschen und im Filtrat die Kalkerde, die Magnesia und die Alkalien bestimmt.

Kapitel 51.

Die Bestimmung der dem Pflanzenwachsthum schädlichen Stoffe im Boden.

Es giebt eine Anzahl von Stoffen, die, wenn sie dem Boden nur in irgendwie nennenswerther Weise beigemengt sind, das Wachsthum der Kulturpflanzen auf das schwerste beeinträchtigen. Dahin gehören sauer reagirende Humussäuren, Kochsalz, freie Schwefelsäure, Eisenvitriol und Schwefelkies. Die vier erstgenannten Stoffe erhält man bereits bei einem Wasserauszuge des Bodens in Lösung, während der Schwefelkiesnachweis eine besondere Behandlung des Bodens verlangt.

1. Die Humussäure. Humose Böden, in denen man das Vorhandensein von sauer reagirender, schädlicher Humussäure vermuthet, übergiesst man mit destillirtem Wasser, rührt gut um und lässt unter häufigem Umschütteln das Wasser 2 Tage auf den Boden einwirken. Nach dem Absitzen hebt man einen Theil des über dem Boden stehenden Wassers ab und prüft mit blauem Lakmuspapier, ob dasselbe sich stark röthet, der Boden also eine saure Reaktion zeigt. Ist dies der Fall, so fügt man zu der stark eingedampften Lösung einige Tropfen Baryumchlorid. Bildet sich kein

oder wenigstens kein nennenswerther Niederschlag von Baryumsulfat, so ist das ein Zeichen, dass freie oder gebundene Schwefelsäure nur in geringen Mengen oder gar nicht vorhanden und die saure Reaktion des Wassers der sauren Humussäure zuzuschreiben ist.

2. Kochsalz. 500 g Feinboden werden mit 1 Liter destillirten Wassers unter häufigem Schütteln 2 Tage lang behandelt; nach dem Absitzen hebert man von der Flüssigkeit 100 ccm ab, überzeugt sich in einer kleinen besonders abgeheberten Probe durch Zufügung von Baryumchlorid vom Fehlen der Schwefelsäure, dampft auf etwa 50 ccm ein, nachdem man eine Kleinigkeit Natriumkarbonat hinzugefügt hat und filtrirt dann die Flüssigkeit. Zum Filtrat fügt man etwas Salpetersäure, erhitzt und fällt aus der kochenden Lösung das Chlor durch eine Lösung von Silbernitrat aus; während des Ausfällens muss man ununterbrochen mit einem Glasstabe umrühren, bis das entstandene Chlorsilber sich zusammenballt und die Flüssigkeit klar wird. Man filtrirt, trocknet den mit heissem Wasser ausgewaschenen Niederschlag bei 100° C., löst ihn vom Filter, bringt ihn in einen Porzellantiegel, verglüht das Filter, regenerirt das etwa reduzirte Silber durch einen Tropfen Salzsäure und erwärmt dann unter allmählicher Steigerung der Hitze bis zum Zusammenschmelzen des Chlorsilbers. Nach dem Erkalten wägt man und erhält durch Multiplikation des gefundenen Chlorsilbergewichtes in Grammen mit dem Faktor 0,407 den Kochsalzgehalt in Prozenten des Bodens.

3. Die Bestimmung der Schwefelsäure, des Eisenvitriols und des Schwefeleisens. Zur Bestimmung dieser drei Stoffe werden in der Preussischen Moor-Versuchs-Station folgende Methoden angewendet [1]):

Der Gehalt des Bodens an freier Schwefelsäure und an Eisenvitriol entsteht durch die Zersetzung von Zweifach-Schwefeleisen, FeS_2, welches meist in der leicht oxydirbaren Form von Markasit oder Wasserkies in ihm enthalten ist oder war. Alle drei Stoffe spielen besonders in Mooren und ihrem Untergrunde dadurch eine hervorragende Rolle, dass sie durch ihre schädlichen Einflüsse auf das

[1]) M. Fleischer, Die natürlichen Feinde der Rimpau'schen Moordammkultur. Protokoll der 20. Sitzung der Zentral-Moorkommission am 27. und 28. November 1885 zu Bremen. Berlin 1886. S. 50—57.

Pflanzenleben die Anlage der sonst so vortrefflichen Rimpau'schen Moorkulturen verhindern oder in schon angelegten Kulturen die Ertragsfähigkeit des Moores schwächen oder ganz aufheben.

Um zunächst zu ermitteln, ob überhaupt freie Schwefelsäure oder Eisenvitriol im Moore oder dem unterlagernden Sande vorhanden ist, wird in der bereits angegebenen Weise ein Wasserauszug des Bodens hergestellt und mit rothem Blutlaugensalze versetzt. Entsteht dabei, bei gleichzeitiger saurer Reaktion, eine blaue Färbung, so wird dadurch das Vorhandensein von Eisenoxydul und freier Schwefelsäure angezeigt. In diesem Falle werden die im wässerigen Auszuge enthaltenen Mengen von Eisenoxydul, Kalkerde, Magnesia, Kali, Natron, Schwefelsäure und Chlor nach der üblichen chemischen Methode quantitativ bestimmt und es wird berechnet, wie viel Schwefelsäure nach Sättigung der Basen mit Chlor und Schwefelsäure noch übrig bleibt. Dieser Rest ist als freie Schwefelsäure zu betrachten, während das Eisenoxydul den Vitriolgehalt angiebt.

Diese Methode ist für sandige Bildungen durchaus zuverlässig, während bei Moorbildungen eine Fehlerquelle in dem Umstande liegt, dass ein Theil der Basen an Humussäure gebunden ist; in Folge dessen wird der Gehalt an freier Schwefelsäure gar nicht oder zu niedrig gefunden. Der praktischen Bedeutung der Methode dürfte dieser Umstand jedoch kaum Eintrag thun, da kaum zu bezweifeln ist, dass die humussauren Basen mit dem schwefelsauren Eisenoxydul im Boden sich sehr bald in der Weise umsetzen werden, dass Alkali-, bezw. Erdsulfate und humussaures Eisenoxydul entstehen, die nicht aufgefundene Menge freier oder an Eisenoxydul gebundener Schwefelsäure mithin in Wirklichkeit nicht oder nicht lange schädlich wirken wird. Bei Anwesenheit grösserer Mengen freier oder an Eisenoxydul gebundener Schwefelsäure kommt übrigens der beregte Fehler kaum in Betracht.

Sind die vorhandenen Mengen von schwefelsaurem Eisenoxydul sehr gering, und stehen nicht genügend grosse Proben zur Untersuchung zur Verfügung, so wird behufs quantitativen Nachweises von wasserlöslichem Eisenoxydul in der Weise verfahren, dass man die Moor- oder Sandprobe in einem Bechergläschen etwa mit dem doppelten Volumen Wasser übergiesst und eine Messerspitze voll zerriebenen rothen Blutlaugensalzes zusetzt. Zeigt sich auch nach 24stündigem Stehen keinerlei Blaufärbung, so kann man mit Sicherheit auf die Abwesenheit von Eisensulfat schliessen. Ist dagegen letzteres vorhanden, so bildet sich entweder an der Oberfläche der

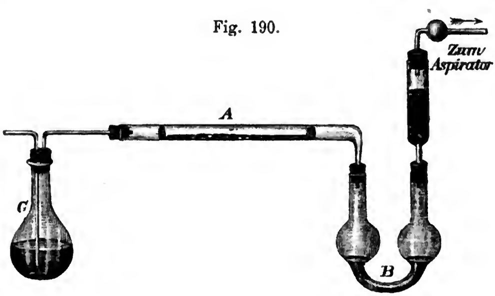
festen Masse eine blaue oder bläuliche Zone, oder man erkennt auch deutlich an den einzelnen Stellen derselben und ganz besonders an den etwa vorhandenen Holzresten eine blaue Ablagerung. Bei den Sandproben pflegt die Reaktion sehr deutlich zu sein, während sie bei Moorproben in Folge der dunklen Farbe des Hintergrundes schwer zu erkennen ist.

Zur qualitativen Nachweisung des Schwefeleisens verfährt man in der Weise, dass man die Bodenprobe in einem Platintiegel mit aufgelegtem Deckel bis zur anfangenden Rothgluth erhitzt, dann den Deckel abnimmt und den Tiegelinhalt schnell in eine Porzellanschale wirft (so dass er der Luft eine grosse Oberfläche darbietet) und letztere sofort an die Nase führt. Selbst sehr geringe Mengen an schwefliger Säure machen sich so der letzteren bemerklich.

Zur quantitativen Bestimmung der beim Glühen ausgetriebenen schwefligen Säure und Schwefelsäure bedient man sich des nachstehend abgebildeten Apparates (Fig. 190).

A ist eine Röhre aus böhmischem Glase, welche an dem einen Ende ausgezogen und rechtwinkelig gebogen ist. Sie dient zur

Fig. 190.



Aufnahme der Substanz, nach deren Menge sich ihre Länge richtet. Nachdem ein Stopfen aus Glaswolle in das ausgezogene Ende geschoben ist, lässt sich die Substanz mittelst eines Trichters leicht einfüllen. Ein zweiter Glaswollstopfen wird am anderen Ende eingeschoben, das Rohr in einen Verbrennungsofen gelegt und in der aus der Zeichnung ersichtlichen Weise mit einem Absorptionsgefässe in Verbindung gebracht, welches mit Glasperlen gefüllt ist, die mit schwefelsäurefreier Kalilauge benetzt sind. Ein mit letzterer verbundener Aspirator ermöglicht das konstante Durchleiten eines Luftstromes durch das Glührohr;

B ist ein zum Theil mit neutraler Lakmuslösung gefülltes Kugelrohr; letztere darf ihre Farbe nicht verändern. Das mit Wasser gefüllte Gefäss *C* dient bloss zur Kontrole der Stärke des Luftstromes. Nachdem der Aspirator in Gang gesetzt worden, wird das Rohr von hinten nach vorne fortschreitend bis zur Rothgluth erhitzt. Ist es in vollem Glühen, so werden schliesslich noch mittelst einer Flamme die im ausgezogenen Röhrentheile sich verdichtenden Destillationsprodukte möglichst weit nach unten getrieben, so dass sie nach Beendigung der Operation sich leicht mittelst der Spritzflasche vollends herausspülen lassen. Die Kalilauge der Vorlage wird mit Brom versetzt, um die schweflige Säure in Schwefelsäure überzuführen, und letztere in bekannter Weise gewichtsanalytisch bestimmt.

Aus den angegebenen Methoden wird die in pflanzenschädlicher Form vorhandene Schwefelsäure folgendermassen berechnet:

1. als freie Schwefelsäure vorhanden (der Schwefelsäurerest, welcher nach Verrechnung auf die Basen des Wasserauszuges übrig bleibt);

2. Schwefelsäure in Eisenvitriol enthalten (berechnet aus dem Eisenoxydulgehalt des Wasserauszuges);

3. Schwefelsäure, welche aus Schwefeleisen entstehen kann (durch Glühen des mit Wasser extrahirten Bodens erhalten).

Eine von Wahnschaffe erprobte Methode, durch welche man den Schwefelgehalt des Bodens neben vorhandener Schwefelsäure genau ermitteln kann, möge hier ebenfalls Erwähnung finden.

5—8 g des mit Wasser extrahirten und fein gepulverten Bodens werden mit 20 ccm destillirtem Wasser und 5 ccm reinem schwefelsäurefreiem Brom in einer böhmischen Glasröhre eingeschmolzen und in einem Wasserbade allmählich unter häufigem Umschütteln bis auf 70° C. erhitzt. Durch das Brom wird der vorhandene Schwefel zu Schwefelsäure oxydirt. Die Röhre wird nach dem völligen Erkalten in der S. 408 angegebenen Weise geöffnet, ihr Inhalt in ein Becherglas hineingespült, mit Wasser verdünnt und so lange erhitzt, bis kein Bromgeruch mehr wahrnehmbar ist. Darauf filtrirt man den Boden ab und fällt die Schwefelsäure im Filtrat in der oben angegebenen Weise. Die aus dem Wasserauszug erhaltene Schwefelsäure zieht man darauf von der Gesammtschwefelsäure ab und berechnet den Rest auf Schwefel, indem man ihn mit dem Faktor 0,4 multiplizirt.

Bei Anwesenheit von grossen Mengen Gyps ist die Methode nicht anwendbar, da in diesem Falle nicht alle Sulfate durch den Wasserauszug extrahirt werden.

Kapitel 52.

Die Bestimmung des spezifischen und Volumgewichtes.

Das spezifische Gewicht des Bodens wird nach der in Kapitel 59 beschriebenen Methode mittelst des Pyknometers bestimmt, wogegen man das Volum- oder Litergewicht des Bodens in verschiedener Weise feststellt, je nachdem man den Boden in lufttrockenem Zustande in ein Messgefäss einschüttet oder ihn mit Wasser in dasselbe einschwemmt.

Bei Bodenarten von geringerem Humusgehalt wird man nach den Versuchen von R. Heinrich [1]) nur die erstgenannte Methode anzuwenden brauchen, da dieselbe nahezu die gleichen Resultate liefert, wie das Einschwemmen.

Man füllt zu diesem Zwecke einen 100 ccm enthaltenden Masszylinder mit lufttrockenem, in einer Reibschale möglichst gleichmässig zerriebenem Boden, indem man denselben in kleinen Portionen einträgt und durch sanftes Aufschlagen des Gefässes auf einer Korkunterlage so lange verdichtet, bis eine Volumverringerung nicht mehr stattfindet. Man wird hierzu, je nach der Bodenart, $^1/_2$—1 Stunde Zeit gebrauchen und muss dafür Sorge tragen, dass das Gefäss während der Behandlung immer wieder bis zur Marke mit dem Boden angefüllt wird. Von einer besonderen Probe wird zu gleicher Zeit das bei 100° C. entweichende hygroskopische Wasser bestimmt und das durch Wägung ermittelte Litergewicht stets auf bei 100° C. getrocknete Substanz bezogen.

Wird das Litergewicht des Bodens durch das Gewicht des gleichen Volumens Wasser dividirt, so erhält man das „scheinbare spezifische Gewicht“ des Bodens.

Dividirt man nun dieses scheinbare spezifische Gewicht des Bodens durch das wirkliche, so drückt der Quotient die Porosität des Bodens aus, d. h. den Raum, welcher beim Boden von trockener

---

[1]) R. Heinrich, Grundlagen zur Beurtheilung der Ackerkrume in Beziehung auf landwirthschaftl. Pflanzenproduktion. Wismar 1882. S. 220 u. 221.

Beschaffenheit (das Volumen desselben gleich 1 gesetzt) durch Lufttheilchen eingenommen wird. Diese Porosität wird häufig auf 100 Volumtheile des Bodens berechnet.

Um das Volumen zu bestimmen, welches ein mit Wasser völlig aufgeschlämmter Boden besitzt, schüttet man nach E. Wolff[1]) 25—30 g der lufttrockenen und feingepulverten Erde, deren Litergewicht man bereits kennt, in einem graduirten Rohre tüchtig mit Wasser, welches 1 % Salmiak enthält und lässt darauf absitzen. Die Ablesung des Volumens geschieht nach 24 Stunden. Bei der Berechnung stellt man das Verhältniss fest, welches zwischen dem Volumen des Bodens im aufgeschlämmten Zustande und dem gleichen Volumen Boden in trockenem Zustande besteht, indem man letzteres als Einheit zu Grunde legt.

Kapitel 53.

Die Bestimmung der Wasserkapazität.

Die Fähigkeit des Bodens, bei der Berührung mit Wasser eine gewisse Menge desselben zurückzuhalten, bezeichnet man als Wasserkapazität oder wasserhaltende Kraft.

Dieselbe ist von sehr verschiedenen Eigenschaften der Ackerkrume und ihres Untergrundes abhängig: vor allen Dingen von der mechanischen Zusammensetzung, also der Korngrösse des Bodens, wobei der Gehalt an feinsten Theilen eine wichtige Rolle spielt, sodann von dem Humusgehalt, durch den z. B. die Torfe ihre hohe Wasserkapazität erhalten, von der hohen oder tiefen Lage des Bodens und seinem Verhältniss zum Grundwasserstande, und endlich von den Lagerungsverhältnissen der Untergrundsschichten.

Man hat die Wasserkapazität durch Versuche im Laboratorium und auf dem Felde zu ermitteln versucht. In Folge der sehr abweichenden Resultate jedoch, die man in beiden Fällen erhält, hat sich bereits E. Wolff und neuerdings R. Heinrich sehr bestimmt dahin ausgesprochen, dass die Kapazitätsbestimmung der Bodenarten für Wasser eigentlich nur mit dem Boden in seiner natürlichen Lagerung auf dem Felde ausgeführt werden dürfte, wenn man

[1]) E. Wolff, Anleitung zur chemischen Untersuchung landwirthschaftl. wichtiger Stoffe. Berlin 1875. S. 80—81.

Zahlenverhältnisse erlangen will, welche für die Praxis der Pflanzenkultur verwerthbar sind.

Man verfährt nach R. Heinrich zu diesem Zwecke folgendermassen. Um den Boden in seiner natürlichen Lage auf dem Felde mit Wasser zu sättigen, wird ein runder Blechzylinder von 20 cm Durchmesser und 40 cm Höhe mit dem unteren zugeschärften und aus starkem Eisenblech bestehenden Rande 1—2 dm tief in den Boden eingetreten. Zu diesem Zwecke ist der Zylinder seitlich mit zwei Trittleisten versehen, während innerhalb in seinem oberen Theile ein feines Sieb angebracht ist, um den Fall des einzugiessenden Wassers zu mildern und den Boden nicht mechanisch aufzuschlämmen. Nachdem der Zylinder fest eingetreten ist, so dass seitwärts kein Wasser ausfliessen kann, wird er mit Wasser ganz vollgefüllt. Man lässt nun das Wasser in den Boden einziehen und bedeckt letzteren, um ihn gegen Verdunstung und andere Einflüsse zu schützen, mit einem Brett oder einem Bogen Pergamentpapier. Die Probeentnahme geschieht nach Verlauf von 18 bis 24 Stunden, da erst dann nach den Versuchen von Heinrich die festgehaltene Wassermenge für längere Zeit konstant bleibt. Man sticht nach dem Herausnehmen des Zylinders die Erde mit einem Spaten aus der Mitte der von dem Blechzylinder begrenzten Fläche heraus, gebraucht jedoch dabei die Vorsicht, die Fläche des Spatens immer von der zu entnehmenden Probe sanft abzudrängen. Die oberste 2—4 cm starke Bodenschicht wird entfernt und aus der Mitte der durchtränkten Oberkrume ein Stück mit dem Messer herausgeschnitten und in eine luftdicht verschliessbare Pulverflasche von bekanntem Gewicht eingefüllt. Das Wasserquantum, welches der Boden zurückhält, wird durch anhaltendes Trocknen bei 100° C. der in der Flasche gewogenen Probe ermittelt und auf 100 g sowie auf 1 Liter Boden berechnet. Die über 0,5 cm grossen Steinchen, welche sich in der Probe befinden, werden späterhin ausgelesen und ihr Gewicht in Abzug gebracht. Die geringe Menge Wasser, welche diesen Steinen anhaftet, kann unberücksichtigt bleiben.

Die soeben beschriebene Methode ist später von Heinrich dahin abgeändert[1]), dass der Boden bis zum Untergrunde ausgehoben und der Zylinder auf den Untergrund gesetzt wird. Die Ackerkrume wird dann ausserhalb des Blechzylinders in ihre frühere

[1]) R. Heinrich, Nachrichten aus dem Klub der Landwirthe zu Berlin. 1886. Nr. 178 u. 179. S. 1289.

Lage gebracht, dagegen ein Theil der Krume durch das Sieb mit möglichst wenig Wasser eingeschlämmt, so dass alle gröberen Steine zurückbleiben. Zur Wasserbestimmung wird der Boden nach etwa 24 Stunden mit einem Hohlbohrer ausgehoben, dessen untere Oeffnung einer Fläche von 1 qcm entspricht.

Kapitel 54.

Die Bestimmung der Verdunstungsfähigkeit des Bodens.

Bei der Bestimmung der Verdunstungsfähigkeit des Bodens muss man ebenfalls die natürlichen Verhältnisse möglichst nachzuahmen suchen, indem man eine hinreichend dicke Erdschicht dem wechselnden Einfluss der direkten Sonnenbestrahlung und der Beschattung aussetzt. Man verwendet hierzu zweckmässig die bei der Bestimmung der Wasserkapazität im Laboratorium benutzten zylindrischen Zinkrohre mit Siebboden. Dieselben werden nach E. Wolff's Angabe mit einer engen Hülse von dicker Pappe umgeben und gefüllt mit Boden im Zustande der vollen Sättigung mit Wasser neben einander in ein Holzkistchen gestellt, dessen verschiebbarer Deckel dem Durchmesser der Zylinder entsprechende Ausschnitte besitzt, so dass die seitliche Sonnenbestrahlung völlig abgehalten wird. Dieses Kistchen wird in's Freie gestellt, während man alle 24 Stunden die Zinkröhren aus den Hülsen herausnimmt und ihre Abnahme durch Wägung ermittelt. Hierbei ist die Temperatur der umgebenden Luft, der Feuchtigkeitszustand derselben, der jeweilige Barometerstand und die wolkige oder wolkenlose Beschaffenheit des Himmels zu notieren. Da das Gewicht der angewandten Menge des lufttrockenen Bodens, sowie die von ihm festgehaltene grösste Wassermenge bekannt sind, so kann man die Verdunstungsfähigkeit entweder in Prozenten der bei 100° getrockneten Substanz oder in Prozenten der gesammten absorbirten Wassermenge angeben.

Eine andere Methode zur Prüfung der Verdunstungsfähigkeit des Bodens rührt von W. Wolf her. Die durch dieselbe erhaltenen Resultate weichen jedoch wesentlich von denjenigen der zuerst beschriebenen Methode ab.

Drahtnetzwürfel von 6 cm Durchmesser, deren obere Seite offen ist, werden an den Innenflächen mit Fliesspapier belegt und unter gelindem Aufklopfen mit lufttrockenem Feinboden gefüllt.

Darauf werden sie 2 cm tief in destillirtes Wasser eingesenkt, bis sich der Boden ganz mit Wasser vollgesaugt hat. Nach dem Wägen werden sie in der Luft frei aufgehängt. Unter Berücksichtigung der Temperatur wägt man die Würfel in Zwischenräumen von 12 zu 12 Stunden, bis der Boden seinen ursprünglichen lufttrockenen Zustand wieder angenommen hat.

Kapitel 55.

Die Bestimmung der Filtrationsfähigkeit des Bodens.

Unter der Filtrationsfähigkeit des Bodens versteht man die Eigenschaft desselben, das Wasser in längerer oder kürzerer Zeit durchsickern zu lassen. Um diese Fähigkeit zahlenmässig festzustellen, bedient man sich nach E. Wolff eines 25 cm hohen und 3 cm weiten viereckigen Zinkkästchens, welches unten mit einem trichterförmigen Ansatz mit Ausflussrohr versehen ist. Das letztere wird mit Baumwolle verschlossen, welche ein wenig aus dem Rohre herausragt. Zur Ausfüllung der trichterförmigen Einschnürung des Apparates wird grober Quarzsand in denselben hineingeschüttet. Erst nachdem die Baumwolle und der Sand mit Wasser durchfeuchtet sind, wird der Apparat gewogen. Darauf füllt man eine 16 cm mächtige Schicht lufttrockenen Bodens unter fortwährendem gelinden Aufklopfen auf einer weichen Unterlage in das Kästchen ein und wägt von neuem. Der Boden wird. mit Wasser übergossen und das Kästchen, wenn kein Abtropfen mehr stattfindet, wiederum gewogen. Man erhält so die volle Wasserkapazität.

Nun giesst man 8 cm hoch Wasser oben auf den Boden, ohne denselben aufzurühren, und bestimmt, wie viel Zeit dazu gehört, bis kein Abtropfen an der Ausflussröhre mehr stattfindet. Die Filtrationsfähigkeit dieser 16 cm hohen Bodenschicht im Zustande der vollen Wasserkapazität für eine 8 cm hohe Wassersäule wird in Stunden angegeben. Da jedoch bei der Wiederholung des Versuches fast immer mehr Zeit zum Durchfiltriren gebraucht wird als beim ersten Male, so muss man das Experiment 5—6 Mal wiederholen und aus den Resultaten das Mittel nehmen. Bei sehr thonigen Bodenarten ist diese Methode nicht anzuwenden, da das aufgegossene Wasser darüber steht, ohne abzufliessen.

Man kann den Versuch auch so ausführen, dass man in einen

graduirten Zylinder jedesmal genau 50 ccm hineintropfen lässt und die dazu verbrauchte Zeit notirt.

Auch die mechanische Analyse gestattet sichere Rückschlüsse auf die Durchlässigkeit des Bodens und auf verschiedene wichtige Eigenschaften desselben (undurchlässig, nass, kalt, träge bezw. durchlässig, trocken, warm, thätig etc.).

Kapitel 56.

Die Bestimmung des Aufsaugungsvermögens des Bodens.

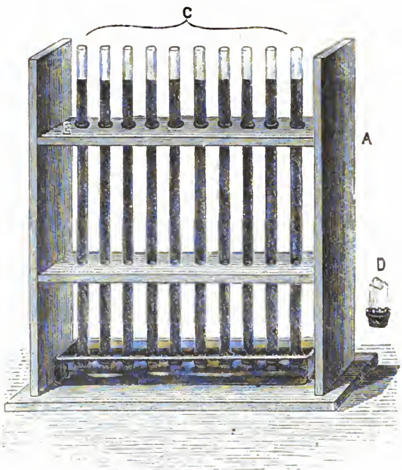
Wenn das auf die Oberfläche eines Bodens gelangende Wasser einzig und allein der Anziehungskraft der Erde zu folgen hätte, so würde es auf hoch gelegenen Plateaus, die nach allen Seiten hin abfallen, sehr bald in die tieferen Schichten des Untergrundes hinabsinken. Allein dieser Schwerkraft wirkt das Vorhandensein von feinen kapillaren Hohlräumen innerhalb des Bodens entgegen, in Folge dessen er im Stande ist, sich vor dem gänzlichen Austrocknen zu schützen, indem das in den tieferen Schichten zirkulirende Grundwasser dadurch in die Höhe gehoben und so den Wurzeln zugeführt wird. Das Aufsaugungsvermögen steht also in engster Beziehung zu der mechanischen Zusammensetzung des Bodens; je feiner die Gemengtheile, desto mehr kapillare Hohlräume und desto grösser das Aufsaugungsvermögen. Das kapillar festgehaltene Wasser bestimmt im Wesentlichen den Kulturwerth des Bodens, während jeder Ueberschuss an Grundwasser die Vegetation benachtheiligt und durch Entwässerungsanlagen beseitigt werden muss. Aus diesem Grunde wird beispielsweise der Wasserstand in den Abzugsgräben der Rimpau'schen Moordammkulturen stets 1 m unter der Oberfläche gehalten.

Um das Aufsaugungsvermögen oder die Kapillaranziehung durch den Versuch festzustellen, werden 100 cm lange Glasröhren von 2 cm lichtem Durchmesser am unteren Ende mit feinem Mull verschlossen, indem man zweckmässig einen Kautschukring darüberzieht (Fig. 191 *D*). Die Röhren werden unter gelindem Aufklopfen mit lufttrockenem Feinboden (unter 2 mm) gefüllt und in senkrechter Stellung 1—2 cm tief in eine mit Wasser gefüllte Glaswanne *B* eingesenkt. Wahnschaffe empfiehlt dazu als zweckmässig das in Figur 191 abgebildete Stativ *A*, welches für zehn Röhren *C*

eingerichtet ist, die oben, um sie im Wasser schwebend zu erhalten, durch einen Kautschukring *E* befestigt sind.

Man ermittelt nun mit Hülfe eines Metermassstabes, wie viel Zeit die Flüssigkeit gebraucht, um von unten her 20—30—40—50—60—70 cm hoch aufzusteigen, und in welcher Zeit sie das

Fig. 191.



Maximum des Aufsteigens erreicht hat. Das aus der Glaswanne von dem Boden aufgenommene Wasser ist stets zu ersetzen.

Man kann den Versuch auch derartig anstellen, dass man die Höhen misst, bis zu welchen die Flüssigkeit in 24—48—72—96—120 Stunden gestiegen ist.

Von Interesse ist es auch, wenn man nach Beendigung des Versuches die Röhren in 1 dcm lange Stücke zerschneidet und den Wassergehalt in ihnen getrennt bestimmt. Beiläufig sei hier bemerkt, dass man die Röhren von 100 cm Länge auch dazu benutzen kann, um festzustellen, wie tief und wie schnell eine Wassersäule von bestimmter Höhe (z. B. von 10 cm) in den lufttrockenen Boden von obenher sich einsenkt.

Auch einzelne Bodenkonstituenten und die durch die mecha-

nische Analyse getrennten Körnungsprodukte des Bodens auf ihre Kapillarität zu untersuchen, ist von besonderem Werthe. In dieser Hinsicht kann besonders auf die Arbeiten von Ad. Mayer[1]) und von Klenze[2]) verwiesen werden, die sehr werthvolle Resultate zur praktischen Beurtheilung der verschiedenen Bodenarten geliefert haben.

Kapitel 57.

Die Bestimmung der Durchlüftungsfähigkeit des Bodens.

Die Durchlüftungsfähigkeit des Bodens, d. h. der grössere oder geringere Widerstand, welchen verschiedene Bodenarten im nassen Zustande dem Durchtritt der Luft entgegensetzen, ist von R. Heinrich mit Recht als eine für die Beurtheilung des Bodens sehr wichtige Eigenschaft bezeichnet worden. Von ihr soll es einzig und allein abhängen, ob eine Drainage auf dem Felde auszuführen ist oder nicht.

Der Versuch wird nach R. Heinrich's[3]) Angabe in folgender Weise ausgeführt. Nachdem der Boden mittelst des bei Bestimmung der Wasserkapazität auf freiem Felde beschriebenen Blechzylinders (S. 420) durchfeuchtet worden ist und eine konstante Wasserkapazität erlangt hat, wird ein unten offener, viereckiger Kasten aus starkem Zinkblech von 100 qcm Querschnitt und 20 cm Höhe (Fig. 192 *C*) 10 cm tief in den Boden eingesenkt. An der Aussenseite des Kastens ist ein 5 cm breites Zinkblech in 10 cm Höhe rechtwinkelig angelöthet, so dass der Kasten auf diese Weise genau bis zu der angegebenen Tiefe in den Boden eingetreten werden kann und demnach einen Erdwürfel von 1000 ccm umschliesst. Der über der Erde befindliche Theil des Kastens dient als Windkessel und steht durch ein seitlich angelöthetes Rohr mit einer Flasche *B* von 10 Liter Inhalt in Verbindung. Dadurch, dass man aus einer höher stehenden Flasche *A* mittelst eines Hebers Wasser in die Flasche *B* einfliessen lässt, wird die Luft in letzterer komprimirt und durch den

---

[1]) Ad. Mayer, Lehrbuch d. Agrikulturchemie. 2. Aufl. II. T. S. 132 ff.

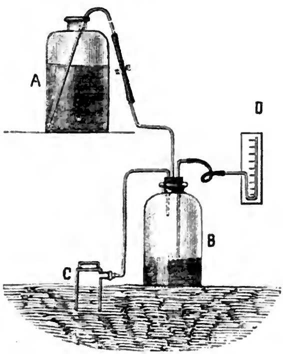
[2]) v. Klenze, Ueber kapillare Wasserleitung im Boden. Landw. Jahrb. 1877. S. 83 ff.

[3]) a. a. O. 221 u. 222.

Boden hindurchgepresst. An der Flasche *B* ist ein Wasser- oder Quecksilbermanometer *D* angebracht, durch welches der Luftdruck gemessen werden kann. Durch Heben und Senken des Wasserreservoirs *A* kann derselbe beliebig gesteigert oder vermindert werden.

Bei dem Versuch lässt man jedesmal so viel Wasser einfliessen, bis das Manometer die gewünschte Druckhöhe anzeigt. Sodann stellt man durch Schliessen des Quetschhahnes den Wasserzufluss ab und wartet 1—2 Minuten. Hat sich der Druck in dieser Zeit verringert, so lässt man wiederum Wasser zufliessen, bis die zuerst

Fig. 192.



eingestellte Druckhöhe erreicht ist. Indem man den Versuch in der angegebenen Weise fortsetzt, ermittelt man die Zeit, welche erforderlich ist, um 10 Liter Luft bei bestimmtem Manometerstande durch 1 Liter Boden hindurchzupressen.

Später hat Heinrich[1]) den Durchlüftungsversuch dahin abgeändert, dass er ihn zugleich mit der Wasserkapazitätsbestimmung verband, indem er in dem Siebe des dabei in Anwendung kommenden Blechzylinders durch einen Tubus ein Rohr befestigte, welches bis auf den Untergrund hinabgesenkt wurde und sich

[1]) Nachrichten aus dem Klub der Landwirthe zu Berlin. Jahrgang 1886. Nr. 178 u. 179. S. 1289 u. 1290.

an seiner Unterseite zu einer 1 qcm weiten Oeffnung erweiterte. Das durch Wasser bewirkte Einschlämmen der Erde durch das Sieb wird erst nach Einsenkung des Rohres ausgeführt. Mit dem über das Sieb hervorragenden Ende der Röhre wird statt der 10-Literflasche ein mit Manometerrohr versehener Masszylinder verbunden, in welchen man durch den Heber Wasser in beliebiger Menge und Stärke einfliessen lassen kann. Für das in den Masszylinder einfliessende Wasser wird ein entsprechendes Luftquantum durch den Boden getrieben. Man ermittelt nun durch Ablesen im Masszylinder, wie viel Kubikzentimeter Luft bei 2—5—10—20—30—40 cm Wasserdruck in 5 Minuten durch den Boden hindurchgepresst werden.

Kapitel 58.

Die Bestimmung der Wärmeabsorption des Bodens.

Eine äusserlich mit dicker Asbestpappe überzogene zylindrische Glaswanne von 4 cm Höhe und 16 cm Durchmesser wird mit lufttrockenem Feinboden bis obenhin angefüllt, darauf in eine Holzkiste eingesenkt, deren Deckel einen dem Querschnitte des Gefässes entsprechenden Ausschnitt besitzt und der direkten Sonnenbestrahlung 6 Stunden lang ausgesetzt. Man ermittelt nun durch ein Maximumthermometer, welches 1 cm tief in den Boden eingebettet worden ist, bis zu welcher Temperatur sich der Boden in der angegebenen Zeit erwärmt hat. Der Versuch wird unter möglichst gleichen Verhältnissen in der Weise wiederholt, dass man das Thermometer 2, 3 und 4 cm tief in den Boden einbettet und das Maximum der Bodenerwärmung ebenfalls feststellt.

Die Erwärmungsfähigkeit des Bodens ist von den verschiedensten Umständen abhängig. Es kommt hier in Betracht die spezifische Wärme[1]) oder Wärmekapazität der Bodenarten, d. h. ihr verschiedenes Verhalten hinsichtlich der Aufnahme verschiedener Mengen von Wärmeeinheiten, um ihre Temperatur um 1° C. zu

---

[1]) Vergl. die Untersuchungen von Pfaundler in Poggend. Annalen Bd. 129. S. 102 ff. und von C. Lang in Wollny, Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur-Physik. 1878. Bd. I. S. 109 ff.

erhöhen, ferner die Farbe[1]) der Bodenarten und ihre mehr oder weniger geneigte Lage.

Bei den mit Feuchtigkeit durchtränkten Bodenarten, wie sie sich auf dem Felde finden, ist jedoch ihr grösserer oder geringerer Wassergehalt auf die Wärmeabsorption von grösster Bedeutung. Während ein Kilogramm Wasser 100 Wärmeeinheiten bedarf, um auf 1° C. erhöht zu werden, gebraucht dieselbe Gewichtsmenge Thon und Sand zu der gleichen Temperaturerhöhung nur 17,8 bezw. 12,8 Wärmeeinheiten. Dazu kommt noch, dass ein feuchter Boden durch die an seiner Oberfläche stattfindende Verdunstung bedeutend abgekühlt wird. Daher wird ein an Nässe leidender Acker stets zugleich als kalt bezeichnet werden können.

Untersuchungen über die Maximal- und Minimaltemperaturen der Ackerkrume innerhalb eines Tages, einer Woche und eines Monats, zu denen man zweckmässig Maximum- und Minimumthermometer nach dem System Six-Kapeller verwendet, indem man dieselben 1—2—5—10 cm tief in den Boden einbettet, sind von grossem Wert, wenn die Resultate mit den gleichzeitigen Lufttemperaturen verglichen und zu der Pflanzenproduktion des Bodens in Beziehung gesetzt werden.

B. Mineralogisch-petrographische Methoden.

Kapitel 59.

Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes.

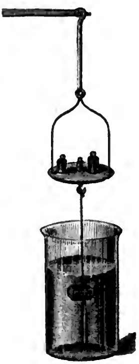
Zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes, d. h. des Verhältnisses zwischen dem absoluten Gewichte eines Körpers und dem absoluten Gewichte eines gleich grossen Volumens reinen Wassers. bedient man sich zu mineralogischen und petrographischen Zwecken einer Reihe von Methoden, unter denen die Anwendung der hydrostatischen Wage, des Pyknometers, des Aräometers und der schweren Lösungen die wichtigsten sind.

---

[1]) Vergl. Schübler, Grundsätze der Agrikulturchemie. 1830. — Gasparin, Cours d'agriculture. 1843. T. 1. S. 182. — E. Wollny, Untersuchungen über den Einfluss der Farbe des Bodens auf dessen Erwärmung. (Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur-Physik. Bd. I. 1878. S. 43—69 und Bd. IV. 1881. S. 327—365.)

Das einfachste Verfahren, um das spezifische Gewicht fester Körper zu bestimmen, ist die Anwendung der **hydrostatischen Wage** (Fig. 193), welche sich von der gewöhnlichen Wage nur dadurch unterscheidet, dass die eine Wagschale nicht so tief herabhängt und in der Mitte ihrer unteren Fläche mit einem Häkchen versehen ist. Man hängt an dasselbe mittelst eines sehr feinen Drahtes den zu untersuchenden Gegenstand, bestimmt sein Gewicht in der Luft, lässt ihn dann in ein mit Wasser gefülltes Gefäss hinab und bestimmt sein Gewicht in diesem Zustande zum zweiten Male. Dabei ergiebt sich ein Gewichtsverlust, welcher genau gleich dem Gewicht eines dem Körper gleichen Wasservolumens ist, und man erhält also das spezifische Gewicht, indem man das absolute Gewicht des Körpers a durch das Gewicht des von ihm verdrängten Wassers b dividirt $\left(s = \frac{a}{b}\right)$. Es sind dabei einige Vorsichtsmassregeln nothwendig; zunächst muss der Draht möglichst fein sein, da sonst auch das von ihm verdrängte Wasser den Gewichtsverlust in merklicher Weise beeinflusst. Man thut also gut, einen thunlichst feinen Platindraht zu diesem Zwecke zu verwenden, den man, um eine Benetzung und kapillares Aufsteigen des Wassers zu verhindern, mit einer dünnen Schicht von Russ überzieht. Die Wägung muss ferner in reinem, destillirtem Wasser ausgeführt werden, dessen Temperatur während der Messung bestimmt wird. Die erhaltenen Resultate selbst werden nach einer Tabelle auf 0° reduzirt. Ist der Körper leichter wie Wasser, so hält man ihn durch eine kleine durchlöcherte Schale, die während der ganzen Messung im Wasser verbleibt, untergetaucht und verfährt im Uebrigen in genau derselben Weise.

Fig. 193.

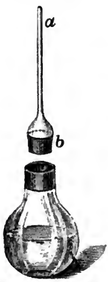


Am häufigsten wird zur spezifischen Gewichtsbestimmung das **Pyknometer** benützt. Die bequemste Form desselben ist die in Fig. 194 dargestellte, — ein weithalsiges Fläschchen aus dünnem Glase, in dessen Hals ein eingeschliffener, hohler, unten offener Pfropfen b hineinpasst, welcher mit einer Kapillare a versehen ist, auf der sich eine Marke befindet. Der Glaspfropfen wird in das vollkommen gefüllte Fläschchen eingesetzt und füllt sich dann bis zur Spitze der kapillaren Röhre mit Flüssigkeit. Man tupft dieselbe

mit Fliesspapier so weit ab, dass sie gerade bis zur Marke reicht, so dass der Inhalt des Fläschchens und damit sein Gewicht bei derselben Temperatur immer gleich sein muss.

Bei einer Dichtigkeitsbestimmung verfährt man nun in der folgenden Weise: Das Pyknometer wird mit Wasser gefüllt und in schmelzendes Eis gestellt; wenn es die Temperatur 0° angenommen hat, und der Stand der Flüssigkeit im Kapillarrohr sich nicht mehr ändert, so wird das Wasser bis zur Marke abgetupft oder nöthigenfalls durch einen sehr feinen Trichter so weit aufgefüllt. Wenn das Flüssigkeitsniveau genau einsteht, nimmt man das Fläschchen aus dem Eis, trocknet es ab und lässt es die Temperatur des Beobachtungsraumes annehmen. Hierauf wird das Pyknometer nochmals abgewischt und auf die eine Schale einer Präzisionswage gestellt. Auf dieselbe Schale bringt man den Körper, dessen Dichte bestimmt werden soll und stellt hierauf durch Auflegen der Tara auf die andere Wagschale das Gleichgewicht her (erste Wägung). Ersetzt man darauf den Körper allein durch Gewichtstücke, so erhält man dessen Gewicht π (zweite Wägung). Nun wird die Substanz in das Fläschchen geschüttet, dasselbe gefüllt und mit dem Pfropfen verschlossen. Hierauf wird das Pyknometer zum zweiten Mal in schmelzendes Eis gestellt und der Wasserstand unter Anwendung der erwähnten Vorsichtsmassregeln abermals auf das Niveau der Marke *a* gebracht. Nachdem das Fläschchen dann wieder Zimmertemperatur angenommen hat, wird es abermals auf die Wagschale gesetzt, deren Tara unverändert stehen geblieben ist. Will man jetzt das Gleichgewicht wieder herstellen, so muss man auf der Seite des Fläschchens so viel Gewichte (π') zulegen, als die vom Körper verdrängte Wassermenge wiegt. Der Quotient $\frac{\pi}{\pi'}$ giebt wiederum die Dichte. Diese Methode hat den Vortheil, dass man sehr kleine Stücke und pulverförmige Substanzen (Bodenproben u. a.) verwenden kann, und den Nachtheil, dass es schwierig ist, bei beiden Füllungen den Glaspfropfen in derselben Weise einzusetzen.

Fig. 194.

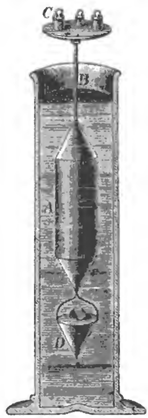


Eine dritte, besonders früher viel geübte Methode ist die Gewichtsbestimmung mittelst des Aräometers (Fig. 195). Dasselbe besteht aus einem hohlen, unten und oben konisch zugespitzten Zylinder von Messingblech *A*. Von der Spitze des oberen Kegels

steigt als Verlängerung der Achse des Zylinders ein feines Stäbchen B auf, an dessen oberem Ende eine Schale C angebracht ist, auf welche man, wie auf eine Wagschale, den zu untersuchenden Körper und Gewichte legen kann. An dem Stäbchen ist durch einen Feilstrich eine feine Marke bei B angebracht.

Von der Spitze des unteren Kegels hängt, mittelst eines gabelförmigen Drahtes daran befestigt, ein Gewicht D herab, das nach oben hin eine horizontale Fläche hat, auf welche man den zu untersuchenden Körper legen kann. Da durch das Gewicht D der Schwerpunkt des Apparats möglichst tief liegt, so schwimmt derselbe aufrecht und zwar im stabilen Gleichgewicht. Das Gewicht des Apparates ist so bestimmt, dass ein Theil desselben, wenn er in Wasser getaucht wird, aus dem Wasser hervorragt, und dass er nur durch Auflegen von Gewichten auf die Schale C bis zu der Marke B einsinkt.

Fig. 195.



Um nun mittelst dieses Apparates das spezifische Gewicht eines Körpers zu bestimmen, verfährt man folgendermassen: Zuerst legt man den zu untersuchenden Körper auf die Schale C und bewirkt durch ausserdem aufgelegte Gewichte, dass das Aräometer genau bis zur Marke eintaucht. Darauf nimmt man den Körper fort und bewirkt durch zugelegte Gewichte, dass der Apparat wieder bis B eintaucht. Da derselbe in beiden Fällen genau dasselbe Volumen Wasser aus seiner Stelle drängt, so ist in beiden Fällen das Gewicht dasselbe; die statt des Körpers aufgelegten Gewichte geben uns also das absolute Gewicht des Körpers π. Darauf legt man den Körper auf die untere Schale D und nimmt die vorhin zugelegten Gewichte wieder fort. Da jetzt der Körper aber in Wasser taucht, so verliert er an Gewicht, und deshalb sinkt der Apparat nicht wieder bis B ein. Um das zu bewirken, müssen wir ein Gewicht π' auf die obere Schale legen, welches uns den Gewichtsverlust des Körpers im Wasser, also das Gewicht einer ihm an Volumen gleichen Wassermenge giebt. Der Quotient $\frac{\pi}{\pi'}$ giebt uns also nach dem Vorigen das spezifische Gewicht des Körpers.

Dass wir hier dieselben Korrektionen anbringen müssen, wie

bei dem vorigen Verfahren, ist klar; aber selbst dann ist es äusserst schwierig, ein genau richtiges Resultat zu erhalten, besonders, weil es wegen der Wirkung der Kapillarität schwer ist, zu bestimmen, wann der Apparat genau bis zur Marke *B* eintaucht. Um genaue Resultate zu erhalten, ist daher die vorige Methode vorzuziehen.

Die genauesten Resultate und eine einfache und sachliche Arbeitsmethode bietet die Anwendung der schweren Lösungen. Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes mit Hülfe von schweren Flüssigkeiten beruht auf der Herstellung einer Lösung, in welcher der Körper, dessen Gewicht gesucht wird, an jeder Stelle schwimmt, die also die gleiche Dichte hat, und auf der Bestimmung dieser Dichte mittelst hydrostatischer Wage oder einer Indikatorenskala.

Von solchen schweren Lösungen kommen die folgenden in Betracht:

1. Die Kalium-Quecksilberjodid-Lösung mit dem höchst erreichbaren spezifischen Gewichte von 3,196.
2. Die Lösung von borwolframsaurem Cadmium mit dem spezifischen Gewichte von 3,6.
3. Die Baryum-Quecksilberjodid-Lösung mit dem spezifischen Gewichte von 3,588.
4. Das Methylenjodid mit dem spezifischen Gewicht von 3,324 bei 16° C.[1]).

1. Die als Thoulet'sche Lösung bezeichnete, von V. Goldschmidt genauer untersuchte Kalium-Quecksilberjodid-Lösung wird nach den Angaben von Goldschmidt[2]) so dargestellt, dass man eine Mischung von 270 g Quecksilberjodid (das rothe Quecksilberjodid des Handels) mit 230 g Jodkalium in 80 ccm kalten Wassers auflöst und diese Lösung auf dem Wasserbade bis zur Bildung einer Krystallhaut oder bis zum Schwimmen eines Krystalls von Turmalin oder Flussspath eindampft. Ein kleiner Ueberschuss von Jodkalium, der bei dem Eindampfen sich grösstentheils wieder ausscheidet, ist nicht nur nicht schädlich, sondern sogar wünschenswerth. Die Lösung wird filtrirt und ist hierauf mit gelblichgrüner

---

[1]) Da diese Lösungen auch zur Trennung von Mineralgemengen dienen, so sind einige bezügliche Bemerkungen schon hier hinzugefügt. Im Uebrigen vergl. Kapitel 61.

[2]) V. Goldschmidt, Ueber Verwendbarkeit einer Kalium-Quecksilberjodid-Lösung bei mineralogischen und petrographischen Untersuchungen. Neues Jahrb. f. Miner. Beil.-Bd. I. 1881. S. 179 ff.

Farbe vollkommen durchsichtig. Diese Lösung, deren Dichte nach dem Erkalten durch Kontraktion bis auf die angegebene Höhe von 3,196 steigt, lässt sich durch Wasserzusatz ohne Zersetzung verdünnen, und die verdünnte Lösung durch Eindampfen auf dem Wasserbade wieder konzentriren, so lange das Verhältniss der beiden Salze das oben angegebene, etwa 5:4, ist. Sobald das Jodquecksilber im Ueberschuss vorhanden ist, krystallisirt ein gelbes wasserhaltiges Doppelsalz in Nadeln aus, bei Ueberschuss von Jodkali aber dieses in Würfeln. Die gleichen Ausscheidungen beobachtet man, wenn die Lösung längere Zeit an trockener Luft steht. Eine Umfärbung aus Grünlich in Rothbraun, wie sie nach längerem Gebrauch der Lösung beobachtet wird, ist auf ausgeschiedenes Jod zurückzuführen. Diese Zersetzung lässt sich beseitigen, wenn man bei erneutem Eindampfen der Flüssigkeit ein kleines Quantum gediegen Quecksilber hinzusetzt. Es tritt eine Verbindung des freien Jods mit dem Quecksilber ein, das entstandene Jodür setzt sich an das Quecksilber als eine feine grünliche Haut an und bewirkt, dass dasselbe beim Umrühren in lauter winzige, sich nur schwer wieder vereinigende Kügelchen zerfällt. Bei weiterem Eindampfen setzt sich das Jodür unter Abscheidung von Quecksilber weiter in Jodid um, dieses verbindet sich wiederum mit dem Jodkalium zum Doppelsalze, und so dauert dieser Prozess fort, bis sämmtliches Jod wieder gebunden ist. Durch Aufnahme oder Abgabe von Wasser verändert sich die Lösung in feuchter resp. trockener Luft und ändert damit auch ihr spezifisches Gewicht und zwar um so schneller, je niedriger dies ist. Dagegen ändert sich die konzentrirte Lösung an der Luft nur unmerklich. Man thut also gut, die Operationen nur bei gleichmässiger Temperatur oder in geschlossenen Gefässen, immer aber mit thunlichster Beschleunigung auszuführen.

2. Die borwolframsaure Cadmiumlösung ist von D. Klein[1]) gefunden und nach ihm benannt. Das Salz hat die chemische Formel:

$$2H_2O,\ 2CdO,\ B_2O_3,\ 9WoO_3 + 16aq.$$

Sein Herstellungsprozess ist ein sehr umständlicher. Man löst

[1]) D. Klein, Sur une solution de densité 3,28, propre à l'analyse immédiate des roches. Comptes rendus 1881. XCIII. S. 318—321. Sur la séparation mécanique par voie humide de minéraux de densité inférieure à 3,6. Bull. de la soc. minéral. de France. 1881. IV. S. 149—155.

reines wolframsaures Natron in der fünffachen Gewichtsmenge Wasser, fügt 1,5 Theile Borsäure BO_3H_3 hinzu und kocht bis zu vollständiger Lösung. Beim Erkalten scheidet sich Borax aus, die Lösung wird von demselben getrennt und vorsichtig durch Kochen konzentrirt. Beim Umrühren der erkalteten Konzentration scheiden sich wieder eine Anzahl borsaurer Salze aus. Die etwas violett gefärbte Mutterlauge wird abgegossen und wieder gekocht, und diese Operation so lange wiederholt, bis auf der Mutterlauge Glas schwimmt. Man hat alsdann eine Lösung von borwolframsaurem Natron von der Formel

$$4Na_2O,\ 12WoO_3,\ B_2O_3.$$

Zur konzentrirten und kochenden Lösung dieses Salzes giesst man eine ebensolche Lösung von Chlorbaryum, und zwar einen Theil dieses Salzes auf 3 Theile des ursprünglich angewandten wolframsauren Natrons. Es entsteht ein reichlicher pulveriger Niederschlag, und die Lösung wird zu einem weisslichen Brei, den man unter Luftdruck filtrirt und auf dem Filter auswäscht. Hierauf wird der Brei in heissem, mit Chlorwasserstoff angesäuertem Wasser (1 Theil HCl von dem spezifischen Gewicht 1,18 auf 10 Theile Wasser) aufgenommen, wobei der Niederschlag sich löst. Bei grossem Salzsäureüberschusse wird zur Trockniss eingedampft und dadurch Wolframsäurehydrat abgeschieden. Die trockene Masse wird mit kochendem Wasser aufgenommen, und das Kochen unter zeitweiligem Wasserzusatze 2 Stunden lang fortgesetzt, worauf die Wolframsäure abfiltrirt wird. Aus der Lösung scheiden sich beim Konzentriren schöne quadratische Krystalle von borwolframsaurem Baryum ab von der Formel:

$$9WoO_3,\ B_2O_3,\ 2BaO,\ 2H_2O + 18aq.$$

Dieselben werden durch mehrmaliges Umkrystallisiren gereinigt und von etwa anhängenden Borsäureplättchen durch alkoholisches Wasser befreit. Etwaige mattviolette Färbung der Krystalle schadet nicht und kann durch einige Tropfen Salpetersäure beseitigt werden. Aus der kochenden Lösung erhält man durch Zusatz der entsprechenden Menge von Cadmiumsulfat das oben angegebene Cadmiumborowolframiat durch Wechselzersetzung, worauf man den Baryt abfiltrirt. Dieses Salz löst sich bei 22° C. in weniger als dem zehnten Theile seines Gewichts Wasser. Aus dieser Lösung krystallisirt es beim Verdunsten im Vakuum und durch Abkühlung der auf dem Wasserbade konzentrirten Lösung. Die Lösung dieser

Krystalle hat eine hellgelbe Farbe und bei 15° C. das spezifische Gewicht 2,28. Dampft man die verdünnte Lösung des Cadmiumsalzes auf dem Wasserbade ein, so verschwindet etwaige violette Färbung, sobald das spezifische Gewicht 2,7 erreicht ist. Wird das Eindampfen bis zum Schwimmen eines Augitkrystalles auf der warmen Lösung fortgesetzt, so erhält man bei der Abkühlung Krystalle, die man in wenig Wasser löst, und eine Lösung, auf welcher Olivin fast schwimmt. Durch Vereinigung beider Flüssigkeiten erreicht man eine Lösung vom spezifischen Gewicht 3,3. Will man das höchste erreichbare Gewicht 3,6 erhalten, so muss man die warme Lösung eindampfen, bis Olivin schwimmt, und dann 24 Stunden an kühlem Orte abkühlen lassen. Die so erhaltenen krystallinischen Massen reinigt man durch Abtropfen von der Mutterlauge und erhitzt sie in einer Röhre auf dem Wasserbade, wo sie bei 75° C. in ihrem Krystallwasser schmelzen. Auf der erhaltenen, ziemlich beweglichen Flüssigkeit schwimmt Spinell. Die Verwendung dieser Klein'schen Lösung vom höchsten spezifischen Gewichte ist wegen ihrer öligen Beschaffenheit eine ziemlich beschränkte, da nur sehr grobe Pulver mit ihr sich noch behandeln lassen. Wenn man die verdünnte Lösung bis zur Bildung einer Krystallhaut abdampft und dann filtrirt, so erhält man eine kalte Lösung vom spezifischen Gewichte 3,36, die allgemein verwendbar ist. Sie kann, wie die Thoulet'sche, in jedem Verhältniss mit Wasser verdünnt und durch Konzentriren wieder auf ihr Höchstgewicht gebracht werden, und hat vor letzterer den Vorzug höheren Eigengewichts und völliger Unschädlichkeit, wohingegen sie ihr durch die Schwierigkeit der Darstellungsmethode sehr nachsteht. Metallisches Eisen, Zink, Blei und die Salze der Kohlensäure zersetzen die Lösung. Sie müssen also vor dem Behandeln eines Pulvers mit Klein'scher Lösung aus demselben durch verdünnte Säure oder auf anderem Wege entfernt werden. Treten durch Reduktionsvorgänge in der Flüssigkeit Dunkelfärbungen auf, so lassen sie sich nach der Angabe von van Werveke leicht durch Zusatz einiger Tropfen einer Wasserstoffsuperoxyd-Lösung beseitigen.

3. Die im Jahre 1879 in Petersburg von Professor Suschin zuerst dargestellte, von Rohrbach wieder aufgefundene und in die Wissenschaft eingeführte dritte Scheideflüssigkeit besteht aus einer Baryum-Quecksilberjodid-Lösung. Sie unterscheidet sich von

der Thoulet'schen vortheilhaft dadurch, dass ihr spezifisches Gewicht höher ist, fast gleich dem der Klein'schen, und von der letzteren durch die viel einfachere Herstellungsweise und den Umstand, dass sie durch Karbonate nicht zersetzt wird. Man stellt sie auf folgende Weise dar: 100 Theile Baryumjodid und 130 Theile Quecksilberjodid werden möglichst rasch abgewogen und in einem trockenen Kölbchen gut durch einander geschüttelt, hierauf in 20 Theilen Wasser aufgelöst und auf ein Oelbad gestellt, welches vorher auf etwa 200° C. erwärmt ist. Durch Quirlen mit einem kurz hakenförmig umgebogenen Glasstabe beschleunigt man die Auflösung, kocht noch eine kurze Zeit und dampft dann die Lösung der Salze in einer Porzellanschale auf dem Wasserbade so lange ein, bis auf der Lösung ein Sulzbacher Epidotkrystall schwimmt. Beim Erkalten der Lösung scheidet sich eine kleine Quantität eines gelblichen Doppelsalzes aus, während der Rest der Flüssigkeit durch Konzentration so an Gewicht zunimmt, dass Topas auf ihr schwimmt. Da das Filtrirpapier von der Lösung sehr schnell angegriffen und zerstört wird, so lässt sich diese nicht filtriren, sondern muss durch vorsichtiges Abgiessen von den ausgeschiedenen Krystallen befreit werden, womit man einige Tage wartet.

Die Rohrbach'sche Lösung hat den grossen Nachtheil, der den Vortheil ihrer leichten Herstellbarkeit fast wieder aufhebt, dass man sie nicht mit Wasser verdünnen kann, weil, sobald dieses hinzugesetzt wird, rothes Quecksilberjodid sich ausscheidet. Die Ausscheidung kann in heisser Lösung verhindert werden, wenn man das hinzuzufügende Wasser vorher mit Jodwasserstoff ansäuert. Anstatt mit Wasser verdünnt man gewöhnlich mit einer weniger konzentrirten Lösung desselben Salzes, die man auf zweierlei Methoden herstellen kann. Entweder giebt man zu der fast bis zum Sieden erhitzten konzentrirten Lösung unter beständigem Umrühren tropfenweise Wasser zu oder man übergiesst eine kalte konzentrirte Lösung mit einer Schicht Wasser und lässt sie 24 Stunden stehen, während welcher Zeit durch Diffusion ohne Salzausscheidung eine vollständige Vermischung beider Flüssigkeiten vor sich geht. Das Gesteinspulver, welches man in der Lösung scheiden will, muss vollkommen frei von anhängendem Wasser sein, und das Auswaschen darf nicht mit reinem Wasser, sondern nur mit jodkaliumhaltigem ausgeführt werden, durch welches etwa ausgeschiedenes Jod wieder aufgenommen wird. Es wird sich empfehlen, die Rohrbach'sche Lösung nur in solchen Fällen an-

zuwenden, wo das spezifische Gewicht einzelner zu trennender Gemengtheile so gross ist, dass die Thoulet'sche Lösung nicht ausreicht, und auch in diesem Falle wird man nach Rohrbach's eigenem Vorschlage besser thun, vorher die Scheidung in Thoulet'scher Lösung auszuführen und dann erst für den Rest die seine zu verwenden.

4. Das von R. Brauns vorgeschlagene und genauer untersuchte Jodmethylen CH_2J_2 ist sehr leichtflüssig, verändert sich nicht an der Luft und wird durch Metalle oder Karbonate nicht zersetzt. Dasselbe ist käuflich in chemischen Fabriken zu erhalten (z. B. bei Trommsdorff in Erfurt, wo, je nach dem Jodpreise wechselnd, 100 g etwa 10 Mark kosten) und hat bei 16° C. das spezifische Gewicht 3,3243. Dasselbe ändert sich sehr bedeutend mit der Temperatur und zwar im Mittel um 0,0022 für 1° C., so dass bei der Erstarrungstemperatur des Jodmethylens (5° C.) das Gewicht 3,3485, bei einer Temperatur von 25° C. dagegen nur 3,3045 beträgt. Es ist eine hellgelbe, stark lichtbrechende Flüssigkeit, deren Brechungsexponent bei 8° C. für Li 1,7346, für Na 1,7466 und für Tl 1,7584 beträgt, bei einer Abnahme für die angegebenen Wellenlängen um resp. 0,00067, 0,00071, und 0,00073 für 1° C. Temperaturzunahme.

Auch diese Flüssigkeit hat zwei bedeutende Nachtheile. Erstens lässt sie sich nicht mit Wasser verdünnen und zweitens wird sie durch Erwärmen und längeres Stehen am Sonnenlichte unter Abscheidung von Jod dunkel gefärbt. Als Ersatz für das Wasser verwendet man als Verdünnungsflüssigkeit Xylol oder noch besser Benzol. Will man die Flüssigkeit wieder konzentriren, so muss man das Benzol in einer offenen Schale unter Beförderung der Verdunstung durch einen darüber hingeblasenen Luftstrom beseitigen. Bei diesem Verfahren geht leider aber auch immer ein Theil der sehr kostbaren Flüssigkeit mit verloren. Die Trübung des Jodmethylens beseitigt man durch Schütteln mit Kalilauge, durch Auswaschen mit reinem Wasser und durch Trocknen mittelst hineingeworfener Stücke von Chlorcalcium. Wenn man die Flüssigkeit bis auf 5° C., ihren Erstarrungspunkt, abkühlt, so bleibt nur noch ein kleiner Rest von ganz dunkelbrauner Flüssigkeit übrig, den man abgiesst, worauf die erstarrte Masse nach dem Schmelzen wieder die ursprüngliche helle Färbung annimmt.

Ein grosser Vortheil dagegen ist die ausserordentlich leichte Beweglichkeit des Jodmethylens, in welchem demzufolge noch

mechanische Trennungen von sehr feinen Pulvern ausgeführt werden können, wie sie weder die Thoulet'sche noch die Klein'sche Lösung mehr zulässt. Auch ist es sehr leicht, die mit Methylenjodid behandelten Pulver auszuwaschen, wozu man sich des Benzols bedient, während die Beseitigung der Quecksilbersalze der Thoulet-schen Lösung eine oftmalige Wiederholung des Auswaschungsprozesses verlangt.

Durch Eintragung von Jod sowohl in die Thoulet'sche als auch in die Rohrbach'sche Lösung und in das Jodmethylen lässt sich zwar die Dichte aller drei Flüssigkeiten noch bis auf 3,6 steigern, aber diese Erhöhung hat keine praktische Bedeutung mehr, weil die Flüssigkeiten dadurch ihre für den Scheidungsprozess so werthvolle Dünnflüssigkeit vollständig verlieren und ausserdem absolut undurchsichtig werden.

Will man nun mit Hülfe einer der beschriebenen schweren Lösungen das spezifische Gewicht eines Minerals bestimmen, so wirft man ein grösseres oder kleineres reines Stück desselben in eine der Flüssigkeiten hinein, deren Konzentrationsgrad so gross sein muss, dass das Mineral auf der Oberfläche schwimmt. Alsdann erniedrigt man ganz allmählich des spezifische Gewicht der Lösung, indem man tropfenweise die entsprechende Verdünnungsflüssigkeit hinzufügt und damit so lange fortfährt, bis das mehr und mehr in die Flüssigkeit einsinkende Mineral ganz in dieselbe eintaucht und an jeder Stelle derselben sich schwebend erhält, also dieselbe Dichte wie jene hat. Man bestimmt nun die Dichte der Flüssigkeit und hat damit auch zugleich jene des Minerals. Man kann zu diesem Zwecke drei verschiedene Wege einschlagen:

1. Hussak[1]) giebt folgenden Weg an: Man giesst die Lösung in ein genau kalibrirtes 25 cm^3-Kölbchen, und füllt dasselbe genau bis zur Marke, wobei man am besten auf den unteren Theil des Flüssigkeitsmeniskus einstellt. Die überflüssige Lösung wird mittelst einer Kapillarpipette oder mit Filtrirpapier entfernt. Man wiegt dann das gefüllte und gereinigte Kölbchen, giesst die Lösung wieder in das Becherglas und beobachtet, ob das Mineralkörnchen noch suspendirt ist, giesst dann wieder in das Kölbchen bis zur Marke, wiegt abermals und verfährt in gleicher Weise zum dritten Male. Aus diesen drei Wägungen wird dann das Mittel gezogen.

[1]) Anleitung zum Bestimmen der gesteinsbildenden Mineralien. Leipzig 1885. S. 52.

Die Wägungen brauchen nicht überaus (auf einige Milligramme) genau zu sein, sie schwanken oft zwischen 20—40 mg. Der Fehler wird aber durch die dreifache Wägung gemildert und es können spezifische Gewichtsbestimmungen bis zur dritten Dezimale genau auf diesem Wege ausgeführt werden. Beispiel: ein Quarzsplitter.

25 cm^3 der gleich schweren Lösung wiegen mit dem Kölbchen:

bei der 1. Wägung	77,981
bei der 2. Wägung	77,919
bei der 3. Wägung	77,973
Mittel . . .	77,957
Gewicht des leeren Kölbchens . . .	11,682
	66,275.

25 cm^3 wiegen also 66,275 g, 1 cm^3 demnach $\frac{66,275}{25} = 2,651$.

Dies ist das gesuchte spezifische Gewicht.

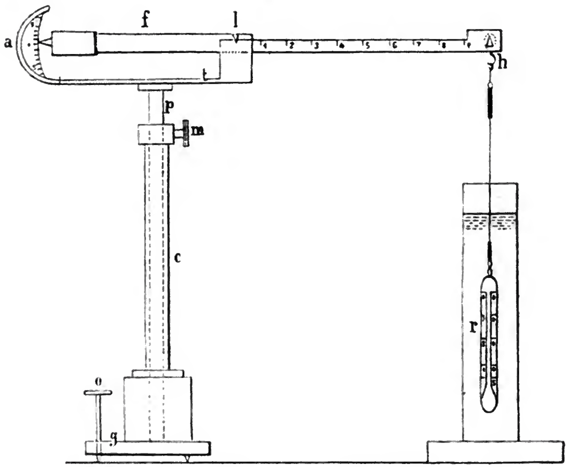
2. Viel schneller zum Ziele führt die Bestimmung des spezifischen Gewichts der eingestellten Flüssigkeit mit Hülfe einer von dem Mechaniker Westphal in Celle nach dem Prinzipe der Mohr'schen konstruirten Wage [1]).

Dieselbe besteht (Fig. 196) aus dem bei *l* in einem Lager aufgehängten Wagebalken *f*, der nach hinten in eine Spitze *s* ausläuft, deren Stellung an einer Skala bei *a* abgelesen werden kann. Bei horizontaler Stellung des Balkens muss die Spitze *s* auf den Nullpunkt der Skala eingestellt sein. Der Balken *f* ist von seinem Aufhängepunkte bei *l* bis zum Häkchen *h* in 10 Theile getheilt. Der Träger *t* des Wagebalkens ist fest mit der Skala *a* verbunden und senkt sich mit seinem Stiele *p* in den Hohlzylinder *c*, in welchem er vermittelst der Schraube *m* in jeder Höhe festgestellt werden kann. Dieser Hohlzylinder endet nach unten in einen massiven Fuss, mit welchem er auf dem kreisrunden Gestelle *g* ruht, welches vermittelst der Schraube *o* in genau horizontale Lage gebracht werden kann. An dem Häkchen *h* wird das Senkrohr *r* angehängt, welches in die Flüssigkeit eintaucht. Die in Reiterform gearbeiteten Gewichte, vermittelst welcher dem Auftriebe der Flüssigkeit entgegengewirkt und die Gleichgewichtslage des Balkens

[1]) Cohen, E.: Ueber eine einfache Methode, das spezifische Gewicht einer Kalium-Quecksilberjodid-Lösung zu bestimmen. Neues Jahrb. f. Min. 1883. II. S. 87.

hergestellt wird, werden, soweit sie ganze Zahlen bedeuten, an das Häkchen *h* gehängt. Die zur Angabe der Dezimalen bestimmten Reiter werden dem Wagebalken *f* angesetzt und ihr Gewicht an der Skala dieses Balkens abgelesen. Nehmen wir an, der Balken spiele auf den Nullpunkt der Skala *a* ein, wenn zwei der Reiter am Häkchen *h* hängen; der für die Angabe der ersten Dezimale bestimmte Reiter sitze auf *8*, der kleinere für die zweite Dezimale bestimmte Reiter in der Mitte zwischen *4* und *5*, so wäre das

Fig. 196.



spezifische Gewicht der Flüssigkeit 2,845. — Auf Vorschlag von Cohen ist das Senkgläschen mit Theilung von 12—20° C. versehen, so dass es sich gleichzeitig als Thermometer benützen lässt. Um die Wage stets genau vertikal stellen zu können, setzt man sie zweckmässig auf einen Untersatz mit Schraubenfüssen, den der Verfertiger liefert. Es ist dies besonders dann nothwendig, wenn die zur Verfügung stehenden Flüssigkeitsmengen gering sind oder die Wägung nach dem Vorschlage von G. Linck [1]) in einer engen

[1]) G. Linck, Geognostisch-petrographische Beschreibung des Grauwackengebietes von Weiler bei Weissenburg. Strassburg i. E. 1884. Inaug.-Diss. S. 41.

Röhre ausgeführt wird. Derselbe bedient sich eines Scheidetrichters und senkt in denselben ein Glasröhrchen von der in Figur 197 angegebenen Form ein. Dasselbe ruht mit den drei seitlich angeschmolzenen Glasarmen auf dem Rande des Scheidetrichters und

Fig. 197.

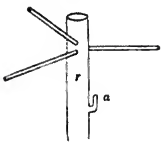


Fig. 198a.

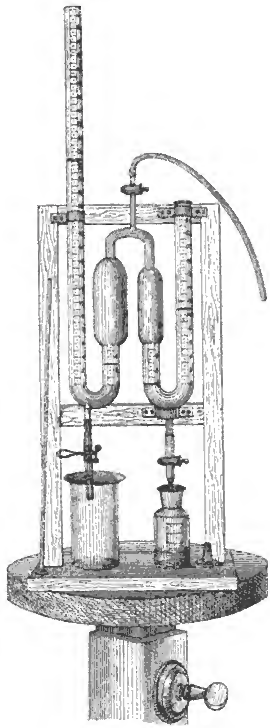
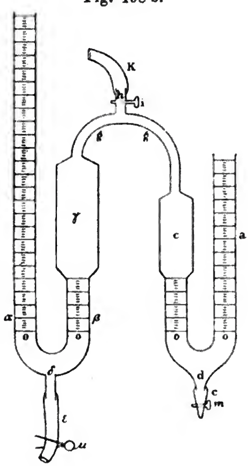


Fig. 198 b.



füllt sich durch das umgebogene Röhrchen bei *a* mit der Lösung, ohne dass in derselben enthaltene Mineralkörner eindringen könnten. Das Senkröhrchen der Westphal'schen Wage wird dann innerhalb der Röhre *r* in die Lösung getaucht. Für Flüssigkeiten von

sehr hohem spezifischem Gewichte sind die Wagen mit schwereren Senkgläschen als gewöhnlich zu versehen.

Diese hydrostatische Wage wird von dem Verfertiger unter dem Namen: „Wage zur Bestimmung des spezifischen Gewichts von Flüssigkeiten" zum Preise von 45 M. geliefert.

3. W. Salomon [1]) hat neuerdings einen zur Messung der Dichte von Flüssigkeiten und also auch von darin schwebenden starren Körpern, sowie zur mechanischen Trennung gemengter Pulver bestimmten Apparat (Fig. 198a) beschrieben, welcher auf dem Prinzipe beruht, dass die Höhen von Flüssigkeiten, die sich in kommunizirenden Röhren das Gleichgewicht halten, ihren Dichten umgekehrt proportional sind. Die Konstruktion das Apparates ergiebt sich aus Figur 198b. Das zum Theil kalibrirte Röhrensystem α bis a ist in solchen Dimensionen gehalten, dass die weiteren Theile γ und c den gesammten Inhalt von α und β, bezw. a und b aufnehmen können. d und e sind in einander eingeschliffene, sich verengende Glasröhren, ε und $\varkappa$ Kautschukschläuche, μ ein Quetschhahn, m und i Glashähne. Der ganze Apparat wird vermittelst einer Wasserwage auf dem Holzteller horizontal aufgestellt. Zunächst muss man nun den Unterschied im Nullpunkte der Skalen in den Röhrenschenkeln a, b, α, β ein für alle Mal bestimmen; das geschieht, indem man bei Offenstellung des Hahnes i in a und α so viel Wasser eingiesst, dass es in β und b fast bis zum Skalenende reicht. Nun liest man die Lage der im Niveau befindlichen Menisken in α, β, a und b ab und wiederholt diese Ablesung mehrmals nach jeweiligem Ablassen kleiner Wassermengen durch e und ε, um schliesslich aus den gefundenen Werthen das Mittel zu nehmen. Soll dann der (natürlich getrocknete) Apparat gebraucht werden, so schliesst man den Hahn i, füllt die ihrer Dichte nach zu bestimmende Flüssigkeit in a und destillirtes Wasser in α. Werden dann die Menisken in α, a, b und β abgelesen, so halten sich die Flüssigkeiten $a - b$ und $\alpha - \beta$ das Gleichgewicht und man hat

$$\frac{a - b}{\alpha - \beta} = \frac{1}{d}$$

$$d = \frac{\alpha - \beta}{a - b},$$

[1]) W. Salomon, Ein neuer Apparat zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes von Flüssigkeiten. Neues Jahrb. f. Min. 1891. II. S. 215.

wobei dann noch die Korrekturen für die Verschiedenheiten des Nullpunktes berücksichtigt werden müssen. Um thunlichst genaue Werthe zu bekommen, werden die Grössen $\alpha - \beta$ und $a - b$ mehrmals bestimmt, was durch Ablassen der Flüssigkeit durch e, des Wassers durch ε, der Luft durch i leicht erreicht wird. Die Zuverlässigkeit der gefundenen Werthe wächst dann mit dem Werthe $a - b$ und nimmt mit diesem in empfindlicher Weise ab.

Soll nach einander die Dichte verschieden schwerer Mineralkörner, welche nach einander zum Schweben in der Scheideflüssigkeit gebracht werden, bestimmt werden, so muss diese durch Zusatz von Wasser in die Röhre a jeweils entsprechend verdünnt werden. Die Mischung des Wassers mit der Flüssigkeit bewirkt Salomon in der Röhre a durch Heben und Senken eines Glasstabes mit scheibenförmigem Knopfe am unteren Ende, in b durch vorsichtiges Einblasen von Luft durch i. Dass die Mischung in dem zapfenförmigen Raume bei d nicht Statt finden kann, soll insofern nicht schaden, als dieser symmetrisch zu a und b liegt und also gleichmässige Diffusion nach beiden Seiten hin Statt finde; bei Anwendung Thoulet'scher Lösung könne dieser Raum überdies mit Quecksilber gefüllt werden. Nach jeder Einstellung lässt man durch i soviel Luft entweichen, dass der Meniskus in b sich innerhalb der Skala befindet. Die Benutzung des Apparates oder vielmehr des Röhrensystems a und b als Scheidetrichter ergiebt sich von selbst. Aus der Ablesung der Werthe $a - b$ und $\alpha - \beta$ bei dem Niederfallen jeder Pulverfraktion hat man sofort dessen Eigenschwere. Den Apparat liefert der Glasbläser Götze in Leipzig, Liebigstrasse, Ecke der Nürnberger Strasse, zum Preise von 22 M.

Thoulet hat eine Methode angegeben, auch solche Mineralien, deren spezifisches Gewicht höher als dasjenige der Scheideflüssigkeit ist, mittelst derselben auf ihre Dichte zu prüfen, wenn das absolute Gewicht der zur Verfügung stehenden Körnchen mindestens 1 cg beträgt. Man formt aus Wachs ein kleines Kügelchen, welches man durch ein darin eingehülltes Mineralkorn beschwert, und bestimmt das Gewicht desselben $= g$. An dieses klebt man das oder die Körner, deren spezifisches Gewicht $= d'$ gemessen werden soll, und deren absolutes Gewicht $= g'$ bestimmt wurde [1]. Nun bringt

[1] J. Joly (Phil. Mag. 1885 [5] XXVI. 29) legt die Mineralstückchen auf eine kleine, vorher gewogene Paraffinscheibe und schmilzt diese vorsichtig. Man soll auf diese Weise auch poröse Substanzen ihrer Dichte nach bestimmen können, da das schmelzende Paraffin die Poren füllt.

man dieses System (Wachskügelchen + angeklebte Körner) in die Scheideflüssigkeit, stellt diese ein und eruirt nach einer der angegebenen Methoden seine Dichte $= D$. Hebt man hierauf das Kügelchen aus der Flüssigkeit, klaubt vorsichtig die lose angedrückten Körnchen ab, bringt es wieder in die Flüssigkeit und stellt diese wieder ein, so giebt die nun wieder bestimmte Dichte der Flüssigkeit das spezifische Gewicht des Wachskügelchens $= d$. Hieraus ist dessen Volumen $v = \frac{g}{d}$ bekannt und man hat die Gleichung

$$D = \frac{g + g'}{v + v'} = \frac{g + g'}{v + \frac{g'}{d'}},$$

demnach

$$d' = \frac{g' D}{g + g' - D v} .$$

Zur schnellen Bestimmung der Dichte von Mineralien hat Victor Grüneberg einen Apparat konstruirt, welcher eine Reihe Flüssigkeiten enthält, die durch Mischung von Quecksilber-Kaliumjodid-Lösung (Thoulet'sche Lösung, spez. Gewicht 3,17) mit Wasser hergestellt wurden, deren spezifische Gewichte von Zehntel zu Zehntel abnehmen. Diese Flüssigkeiten sind in 20 Gläschen eingefüllt, welche in einem Kästchen mit Hülfe von Kautschukplatten fest verschlossen werden können. Man erhielt auf diese Weise folgende Dichtenskala:

3,17	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3
1,2	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2.

Will man das spezifische Gewicht eines Minerals oder Gesteins ermitteln, so führt man einen Splitter desselben mittelst der Pinzette in eines der Probegläschen ein und beobachtet, ob er steigt oder sinkt. Je nach seinem Verhalten schreitet man dann in der Dichtenskala nach der einen oder anderen Richtung fort. Bei einiger Uebung gelingt es, aus der Geschwindigkeit des Sinkens bezw. Steigens noch die Hundertstel abzuschätzen. Ein solcher Apparat, der bequem zu handhaben ist, schliesst seiner Natur nach Körper, welche in Wasser löslich sind oder deren spezifisches Gewicht das der Thoulet'schen Lösung (3,17) übersteigt, aus. Der Preis des von der Firma Lenoir und Forster in Wien zu beziehenden Apparates beträgt 20 M.

Besondere Fälle: Wenn es sich um poröse Körper, z. B. um Kreide handelt, kann man das spezifische Gewicht von zwei Gesichtspunkten aus betrachten; einmal können wir die Dichte des Körpers mit Einschluss der Poren und dann die Dichte der Materie selbst im Auge haben. Zur Bestimmung der ersteren bestreicht man den Körper mit einer sehr dünnen Schicht von Wachs oder Firniss und verfährt im Uebrigen nach einer der genannten Methoden. Die zweite Dichte erhält man durch Untersuchung des Körpers in Pulverform [1]).

Hat man es mit einem in Wasser löslichen Salze zu thun, so bestimmt man dessen Dichte in Bezug auf eine Flüssigkeit, in welcher es unlöslich ist (absoluter Alkohol). Man hat dann nur die so gefundene Zahl mit der Dichte der betreffenden Flüssigkeit zu multipliziren, um die auf Wasser bezogene Dichte des Körpers zu erhalten. Sind nämlich π, π', π'' die Gewichte gleicher Volumina von dem Körper, vom Wasser und von der zweiten Flüssigkeit, so ist

$$\frac{\pi}{\pi'} = \frac{\pi}{\pi''} \cdot \frac{\pi''}{\pi'},$$

d. h. die Dichte des Körpers in Bezug auf Wasser ist gleich der in der zweiten Flüssigkeit ermittelten Dichte, multiplizirt mit dem speziscĥen Gewichte der letzteren in Bezug auf Wasser.

Mit Ausnahme der dichten Flüssigkeiten, der zur Auflösung etc. dienenden Säuren und der natürlichen Salzlösungen wird der Geologe selten in die Lage kommen, das spezifische Gewicht von Flüssigkeiten zu ermitteln. Für die ersteren bedient man sich, wie erwähnt, der Westphal'schen Wage, für die letzteren dagegen zweckmässiger Weise eines der Aräometer, die für Flüssigkeiten, welche dichter als Wasser sind, vielfach konstruirt sind, beispielsweise des Baumé'schen. Es besteht aus einem allseitig verschlossenen Glasgefäss, dessen oberer Theil von einer zylindrischen,

---

[1]) Man kann die beiden Dichten mit genügender Annäherung auch in der folgenden Weise bestimmen. Das Gewicht des Körpers sei π. Man lässt ihn nun sich vollkommen voll Wasser saugen und wägt ihn von Neuem; es sei $\pi + p$ das jetzt ermittelte Gewicht. Mit dem derart von Flüssigkeit durchtränkten Körper bestimmt man nun das Gewicht π' eines gleichen Volumens Wasser. Die auf das äussere Volumen bezogene Dichte ist dann $\frac{\pi}{\pi'}$ und die Dichtigkeit der Substanz $\frac{\pi}{\pi' - p}$. Buignet findet so für Kreide: scheinbare Dichte 1,600; wahre Dichte 2,551.

mit äquidistanter Theilung versehenen Spindel gebildet wird. Die Theilung wurde von Baumé in ganz willkürlicher Weise, wie folgt, hergestellt. Nachdem das Instrument genügend beschwert war, so dass es bei 10° R. (12,5° C.) in reinem Wasser bis an einen Punkt nahe an dem oberen Spindelende eintauchte, bezeichnete er diesen Punkt mit Null. Die Stelle, bis zu welcher das Aräometer in einer Lösung von 15 Theilen Seesalz in 85 Theilen Wasser einsank, wurde mit 15 bezeichnet. Der Zwischenraum von 0 bis 15 ward in 15 gleiche Theile getheilt und die Theilung bis zum unteren Ende der Spindel fortgesetzt (für Säuremesser muss die Theilung etwa bis zum Theilstrich 70 reichen). Mit Hülfe eines solchen Apparates kann man sofort sehen, ob eine Säure die gewünschte Dichte hat. Das Aräometer von Baumé sinkt nämlich ein bis zum

Theilstrich 66 in konzentrirter Schwefelsäure,
" 36 in der Salpetersäure des Handels,
" 22 in käuflicher Salzsäure.

Bei der Graduirung nehmen die Verfertiger solcher Aräometer als feste Punkte meist die Eintauchtiefe in reinem Wasser (Theilstrich 0) und diejenige in der konzentrirten Schwefelsäure des Handels (Theilstrich 66).

Eine Methode zur Bestimmung des spezifischen Gewichts gepulverter Substanzen giebt W. J. Smeeth[1]) an:

In einem kleinen Glasgefässe, z. B. einem Uhrglase, wird eine kleine Menge von Vaselin zur Entfernung von Luftblasen erwärmt; das Gewicht des Uhrglases einschliesslich des Vaselins, in Wasser gewogen, sei w_1; dann erwärmt man das Vaselin wieder und bringt eine abgewogene Menge (W) des Pulvers hinein, welches in das weiche Vaselin hineinsinkt. Sei das Gewicht des Ganzen, wieder in Wasser gewogen, w_2, so ist das spezifische Gewicht des Pulvers $= \frac{W}{W-(w_2-w_1)}$, und zwar ganz unabhängig vom spezifischen Gewicht des Vaselins.

[1]) Proc. Royal Dublin Soc. 1888. 6. S. 68.

Kapitel 60.

Die Bestimmung der Härte der Mineralien.

Den Widerstand, den die einzelnen Theile eines festen Körpers ihrer Verschiebung entgegensetzen, nennt man die Härte. Um den Härtegrad eines Körpers in allgemein verständlicher Weise auszudrücken, stellte Mohs eine sogen. Härteskala auf, die aus einer Reihe von Mineralien besteht, von denen jedes folgende härter ist, als das vorhergehende. Diese zehntheilige Härteskala umfasst folgende Mineralien:

1. Talk, mit dem Fingernagel ritzbar;
2. Steinsalz oder blätteriger Gyps, von denen ersteres bereits die Härte des Fingernagels hat, während letzterer noch deutlich mit demselben geritzt werden kann;
3. Kalkspath, der sich mit dem Messer noch sehr leicht ritzen lässt;
4. Flussspath, der bei ordentlichem Druck vom Messer noch ordentlich angegriffen wird;
5. Apatit lässt sich mit dem Messer schwer, aber mit einer guten Feile noch bearbeiten;
6. Feldspath giebt bereits mit dem Stahl Funken;
7. Quarz;
8. Topas;
9. Korund;
10. Diamant.

Um die Härte eines Minerals in bestimmter Weise nach der Skala zu bezeichnen, wird dasjenige Glied derselben aufgesucht, dessen Härte derjenigen des zu untersuchenden Minerals am nächsten kommt. Stimmt es darin genau mit einem der Glieder der Skala überein, so bezeichnet man seine Härte einfach mit der Nummer desselben. Steht es aber zwischen zwei Gliedern in der Mitte d. h. vermag es das weichere der beiden noch anzugreifen, während dasselbe von dem härteren angegriffen wird, so bezeichnet man seine Härte durch eine Verbindung beider Zahlen; beispielsweise 3—4. Es ist selbstverständlich, dass diese Zahlenangaben weder absolute noch relative Werthe darstellen, sondern nur einfache Nummern sind. Wir werden im Folgenden sehen, dass die Härte-

unterschiede zwischen den einzelnen Gliedern der Skala ganz unregelmässig sind. Die Prüfung der Härte führt man in der Weise aus, dass man auf einer ebenen Fläche des zu untersuchenden Minerals mit einer scharfen Ecke eines der Glieder der Skala versucht, dasselbe zu ritzen. Gelingt es nicht, so nimmt man das nächsthärtere Glied der Skala u. s. w. Nach einiger Uebung wird man es bei den niedrigen Härtegraden dahin bringen, durch einfache Benutzung eines Messers oder einer Feile bis auf etwa eine halbe Nummer die Härte auch ohne Benützung der Skala zu bestimmen, und im Nothfalle kann dem Geübten selbst die Prüfung eines Körnchens zwischen den Zähnen einen deutlichen Anhalt für die Beurtheilung seiner Härte gewähren.

Hat man es mit kleinen Körnern oder einem gröberen Pulver zu thun, so verfährt man, nach Cohen, in der Weise, dass man das Pulver unter kräftigem Drucke in einen kleinen, eben geschliffenen Bleistempel einpresst und nun mit demselben Ritzversuche auf einer Fläche von bekannter Härte macht.

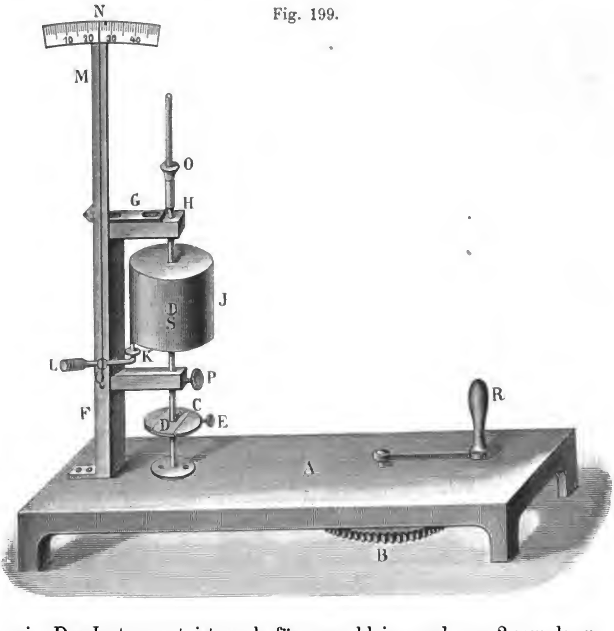
Um zu absoluten Zahlenwerthen für die Härte der verschiedenen Mineralien bezw. der verschiedenen Flächen eines Krystalles und der verschiedenen Richtungen in einer Fläche zu gelangen, hat Pfaff ein Sklerometer konstruirt, abgebildet und beschrieben [1]), welches auf dem Prinzip beruht, die Härte einer Fläche dadurch zu ermitteln, dass man dieselbe als umgekehrt proportional einer Substanzmenge annimmt, die von einem unter sonst gleichen Umständen über eine Krystallfläche hinwegbewegten Diamantsplitter von derselben fortgenommen wird. Da dieser Apparat und die Art seiner Anwendung ziemlich umständlich ist, so verweise ich auf die unten angegebene Originalarbeit des Verfassers und beschränke mich an dieser Stelle auf die Beschreibung eines ebenfalls von Pfaff konstruirten Instrumentes, welches dazu bestimmt ist, die mittlere Härte einer Krystallfläche mit einem einzigen Versuche festzustellen [2]). Dieses „Mesosklerometer" unterscheidet sich vom l. c. beschriebenen Instrumente dadurch, dass der angreifende Diamantsplitter nicht in einer einzigen Richtung wirkt, sondern gleichmässig nach allen Richtungen. Zu dem Zwecke wird eine in allen Richtungen eintretende Abtragung einer Fläche durch eine

[1]) Sitz.-Ber. der math.-phys. Klasse der k. bayer. Akad. d. Wiss. XIII. 1883. S. 55 u. 372. Taf. III. Fig. 1.

[2]) Ebenda 1884. S. 255. Fig. S. 258.

kreisförmige Bewegung erzeugt, und der Apparat arbeitet dabei wie ein Bohrer; man darf annehmen, dass bei gleicher Belastung des Bohrers und gleicher Drehungsgeschwindigkeit die mittlere Härte umgekehrt proportional der in gleicher Zeit erzielten Tiefe des Bohrloches, oder wenn man das Loch bei allen Krystallen gleich tief bohrt, direkt proportional der Zahl der Umdrehungen des Bohrers

Fig. 199.



sei. Das Instrument ist noch für ganz kleine und nur 2 mm lange und breite Krystallflächen verwendbar und folgendermassen eingerichtet:

Unter einer starken Messingplatte *A* befindet sich, gestützt durch eine auf der Unterseite angebrachte, der Mitte der Platte parallel laufende Messingstange, ein Zahnrad *B*. Dieses Zahnrad greift in ein kleines, dessen oberes Achsenende den kleinen abschraubbaren Tisch *C* trägt; derselbe ist mit einem kleinen Schlit-

ten D versehen, der durch die Klemmschraube E festgestellt werden kann. Auf der Schlittenplatte D werden die Krystalle befestigt, am besten mit Siegellack. Der Träger F hat zwei Arme G und K, durch welche der den Diamantbohrer tragende Stift H hindurch geht. An diesem Stifte befindet sich ausserdem noch das Gewicht J, welches durch eine Klemmschraube S in verschiedener Höhe fest an dem Stifte gehalten werden kann. Oben bei O hat derselbe ferner einen Ansatz, auf den weitere Gewichte aufgesetzt werden können. Um die Drehung des Stiftes zu verhindern, ist derselbe bei H nahezu halb eingefeilt, und durch Einschieben der Platte G, welche zwei Schlitze hat, durch welche zwei Schrauben hindurchgehen, wird der Diamantträger stets in derselben Richtung festgehalten, kann sich aber senkrecht leicht auf und ab bewegen. Um ein Wackeln des Diamantträgers nach längerem Gebrauche verhüten zu können, ist der untere Arm der Stütze halb durchgesägt und mit einer Klemmschraube P versehen.

Pfaff ermittelte die Härte in der Weise, dass er die sämmtlichen Krystalle stets gleich tief bohrte und die Härte direkt proportional der Zahl der Umdrehungen des Zahnrades B setzte, die erforderlich waren, um die gleiche Tiefe des Bohrloches zu erhalten. Um diese genau messen zu können, wurde der Diamantträger oder richtiger das mit demselben fest verbundene Gewicht J mit einem kleinen Fühlhebel L in Verbindung gesetzt, der mit seinem senkrecht stehenden Arme M um Q sich drehen konnte, und in eine feine über die Skala N sich hinbewegende Spitze endete. Beim Anfange des Versuches wurde nun, wenn die Diamantspitze auf dem Krystalle aufruhte, durch die Mikrometerschraube K die Spitze des Zeigers M auf den Nullpunkt der Skala eingestellt und nun mit gleichmässiger Geschwindigkeit das Zahnrad durch die Kurbel R gedreht. Dadurch wird der Krystall unter der Spitze der Diamantenschraube in Drehung versetzt, und sie senkt sich so immer tiefer in den Krystall ein. Das hat nun natürlich eine Drehung der Zeigerspitze N über die Skala zur Folge und da dieselbe vielmals länger ist, als der kurze Arm zwischen Q und K, so kann man, wenn man die Zeigerspitze stets genau um denselben Theil der Skala durch das Bohren sich vorwärts bewegen lässt, daraus mit hinreichender Sicherheit auch auf die gleiche Tiefe des Loches schliessen und dieselbe bis auf $^1/_{120}$ oder $^1/_{150}$ mm ermitteln.

Auch bei diesen Versuchen kommt es natürlich wesentlich auf die geeignete Form und sichere Fassung der Diamantspitze und

die richtige Belastung derselben an. Namentlich bei Mineralien von dem Härtegrade 6 der gewöhnlichen Härteskala an überzeugt man sich leicht, dass ein Diamant, der weichere Krystalle noch sehr gut bohrt, bei mässiger Belastung, wie sie eben nur angewendet werden kann, um eine leichte und gleichmässig geschwinde Drehung des Krystalles zu ermöglichen, jene härteren äusserst langsam angreift, wenn er nicht eine gute Schneide besitzt. Pfaff arbeitete mit zwei verschiedenen Belastungen und verfuhr folgendermassen: Das Gewicht *J* wog etwas über 100 g, dazu wurden nun bei den weichen Krystallen stets noch 30 g bei *O* aufgesetzt. Für die harten Krystalle wurde bei *O* noch ein Gewicht von 100 g angewendet, also im Ganzen 230 g, bei welcher Belastung sich die Scheibe mit dem Krystalle noch sehr leicht und gleichmässig drehte, während, wenn weiche Krystalle unter gleicher Belastung gebohrt wurden, die Scheibe sich ungleich bewegte und zuweilen stockte. In allen Fällen wurde die Bohrstelle fortwährend mit Oel befeuchtet, wodurch auch bei sehr leicht spaltbaren und spröden Krystallen das Bohrloch ganz glatt erhalten wurde.

Um nun aber dasselbe Härtemass für die unter stärkerer Belastung gebohrten Krystalle zu erhalten, wie für die bei geringerer gebohrten, wurde ein Krystall von mittlerer Härte, nämlich Flussspath, zuerst mit der geringeren, dann mit der grösseren Belastung gebohrt. Als Härteeinheit wurde wieder die des Specksteins gewählt, wenn derselbe mit der geringeren Belastung gebohrt wurde, und die mittlere Härte des Flussspaths darnach festgesetzt, nachdem derselbe mit der gleichen Belastung gebohrt war. Dann wurde derselbe bei der stärkeren Belastung gebohrt und die geringere Zahl der Umdrehungen, welche für ihn dann hinreichten, das Loch gleich tief zu machen, als Grundlage für die Berechnung der mittleren Härte der härteren Krystalle benützt, die alle mit derselben höheren Belastung gebohrt wurden. Für den Speckstein und Flussspath wurde das Mittel aus je zehn einzelnen Versuchen festgesetzt, bei den übrigen Krystallen gewöhnlich aus zwei oder drei; die einzelnen Versuche stimmen meist sehr gut mit einander überein. Mit Ausnahme der weichsten Krystalle, bei denen die Zahl der Umdrehungen des Zahnrades auch bei der geringen Belastung unter 100 fällt, um die Zeigerspitze um 30 Theilstriche vorrücken zu machen, wurde stets der Stand der Spitze nach je 100 Umdrehungen der Kurbel notirt; man überzeugt sich so leicht von dem gleichmässigen Eindringen der Diamantspitze, und nebenbei bemerkt, bei

künstlichen Krystallen besonders, von Unregelmässigkeiten im Gefüge des Krystalles, wie es ja häufig bei einzelnen Krystallen vorkommt, dass sie stellenweise einen gitterförmigen, etwas lückenhaften Bau zeigen. Ein auffallend rasches Eindringen der Spitze zeigt dieses auch da an, wo das blosse Auge kaum etwas von einer solchen mangelhaften Krystallbildung gewahr wird.

Für die Mineralien der Mohs'schen Härteskala ergaben sich nach dieser Methode folgende Werthe:

1. Speckstein	= 1
2. Gyps, I. Bruch	= 5
„ II. „	= 7,6
Steinsalz, Würfelfläche	= 7
3. Kalkspath, Endfläche	= 3
„ Rhomboederfläche	= 8
„ Säulenfläche	= 27
4. Flussspath, Oktaederfläche	= 19,5
„ Würfelfläche	= 20
5. Apatit, Endfläche (*P*)	= 28
„ Säulenfläche (*M*)	= 48
6. Adular, auf Fläche *P*	= 100
„ „ „ *M*	= 109
7. Quarz, auf Endfläche	= 133
„ „ Säulenfläche	= 180
8. Topas, auf der Endfläche (*P*)	= 240
9. Korund, auf der deutlichsten Spaltungsfläche	= 340

Von der Härte ist die Politurfähigkeit der Mineralien abhängig. Wenn man nun dickere Gesteinsplättchen schleift (0,15 bis 0,2 mm für dunkle, 0,2—0,3 mm für helle Gesteine), so kann man aus der Reihenfolge, in der die Mineralien des Gesteins die Politur annehmen, gewisse Schlüsse ziehen.

Behrens schreibt darüber Folgendes[1]: Für das Feinschleifen und theilweise Poliren eignet sich eine Schleifplatte von Gusseisen, die einige Tage für gröbere Schleifarbeit gedient hat. Das Feinschleifen geschieht mit geschlämmtem Smirgel und so viel Wasser, dass ein dünner Rahm entsteht. Vor dem Poliren wird fast aller

[1]) Anleitung zur mikrochemischen Analyse S. 161. — Vergl. ausserdem: A. Rosiwal, Ueber die Härte. Vortr. d. Ver. z. Verbr. naturw. Kenntnisse. Wien 1893. S. 605—650.

Smirgel durch Abwischen entfernt, der letzte Rest wird mit Wasser und einem Stück Glas verrieben und während des Polirens wird von Zeit zu Zeit reichlich Wasser zugefügt. Wenn Quarz zugegen ist, so zeigen sich alsbald scharf begrenzte glänzende Flecke. Die Reihenfolge, in welcher die einzelnen Gemengtheile Politur annehmen, ist durch ihre Härte bedingt, und fast ebensosehr durch ihre Zähigkeit und durch die Abwesenheit von Spaltungsrichtungen. Obenan stehen Spinell und Zirkon, nahe dabei Turmalin, welcher hierdurch leicht zu Anfang der Untersuchung aufgefunden und von Hornblende und Biotit unterschieden werden kann. Kurz darnach wird der Quarz glänzend, ziemlich gleichzeitig mit Cordierit und Granat. Chalcedon und Jaspis zeigen sich nur wenig später, während es noch lange dauert, bis gemeiner Opal, Olivin, Rutil, Magnetit, Chromit, Hämatit und Pyrit glänzend werden. Die Durchschnitte von Granatkrystallen sind meistens mit tiefen Spalten durchzogen; Olivin behält ein staubiges Ansehen, unter der Lupe erscheint er genarbt. Rutil, Magnetit u. s. w. zeigen metallischen Glanz, jedoch nicht in dem Masse, wie man es nach dem Ansehen von Krystallen erwarten möchte. In merklichem Abstand folgen die Pyroxene, der gemeine Augit durch unregelmässige Sprünge und durch den rechteckigen oder achtseitigen Umriss der Querschnitte gekennzeichnet. Etwas später kommt Epidot zum Vorschein, und zuletzt Hornblende. Die Feldspäthe nehmen auf Eisen nur geringen Glanz an; um sie zu poliren, muss man eine Zinkplatte und feines Glas- oder Bimsteinpulver nehmen. — Zu Beobachtungen während der Bearbeitung genügt in den meisten Fällen eine Lupe, welche achtfache Vergrösserung giebt; für weitere Untersuchung benutzt man schwächere Vergrösserungen (20—50fache) des zusammengesetzten Mikroskops und bringt dabei die Präparate in geneigter Lage auf den Objekttisch, so dass die polirten Stellen spiegeln.

Ueber die Untersuchung gepulverter Gesteinsproben auf harte Mineralien schreibt derselbe Autor S. 169: Einige Scherben werden zu grobem Pulver zerdrückt. Körner von Quarz, Turmalin, Feldspath u. s. w. können unter einer guten Lupe oder unter einer schwachen Vergrösserung des Mikroskops ausgelesen werden. Man bedient sich hierzu einer in Glyzerin getauchten Präparirnadel, an welcher die Körner, welche man mit der befeuchteten Spitze berührt, haften. Sie werden in Wassertropfen gebracht, welche man auf einen reinen Objektträger gesetzt hat.

Für die Untersuchung auf Quarz und Turmalin kann man in folgender Weise aus ihrer ansehnlichen Härte Vortheil ziehen. Man bringe zwei oder drei Körner auf den flachen Boden eines umgekehrten Achatmörsers und drücke sie mit einem Stück feinfaserigem Holz (dem stumpfen Ende eines Bleistifts). Sie setzen sich darin so fest, dass man damit unter ziemlich starkem Druck auf glatten Scherben von Feldspath, Quarz oder Feuerstein reiben kann. Nachdem man zwei bis drei kurze Züge vor- und rückwärts gemacht hat, wischt man die Probescherben sorgfältig ab und sucht mit der Lupe nach parallelen Schrammen.

Von unregelmässigen Bruchstücken von Feldspath kann man oft gute Spaltstücke erhalten, wenn man sie zwischen zwei Stückchen Kupferblech rollt. Sie setzen sich mit ihren scharfen Ecken in dem weichen Metall fest und brechen längs Spaltungsflächen.

Kapitel 61.

Die Isolirung von Gesteinsgemengtheilen.

I. Auf mechanischem Wege.

Um zusammengesetzte Gesteine oder Gemenge von Mineralien in ihre einzelnen Bestandtheile zu zerlegen, kann man sich einer ganzen Anzahl verschiedenartiger Methoden bedienen. Sie alle verlangen aber eine vorherige Bearbeitung des Gesteins, die in der Herstellung einer möglichst grossen Homogenität der einzelnen Körner und in der Beseitigung der äusserst störenden staubförmigen Beimengungen besteht. Zu diesem Zwecke wird das Gestein in einem sogen. Diamantmörser (zur Verhütung von Verlusten am besten in Papier eingewickelt) zerstossen und unter Vermeidung von reibenden und drückenden Bewegungen mit der Mörserkeule in ein möglichst gleichkörniges Aggregat von Trümmerchen umgewandelt. Hierauf wird dasselbe mit Wasser angerührt, und die im Wasser schwebenden feinen, thonigen Bestandtheile durch Dekantiren entfernt. Der Rückstand wird nach dem Trocknen gesiebt. Man bedient sich dazu zweckmässiger Weise eines Siebsatzes, wie er zum Schlämmen und Sieben von Diatomeen Verwendung findet und von Dr. Eduard Kayser, Institut für Mikroskopie, Berlin, Albrechtstrasse 18, unter der Bezeichnung „Metallsieb zum Diato-

maceenschlämmen" geliefert wird. Der gewöhnliche Satz zu 8 Mark besteht aus fünf Sieben, deren Maschenweite 1—0,2 mm beträgt. Mit einer harten Bürste oder einer Nadel lassen sich diese Siebe ziemlich bequem von eingeklemmten Körnern befreien. Die in diesen Sieben enthaltenen gesonderten Korngrössen werden einzeln unter dem Mikroskope bei schwacher Vergrösserung geprüft, ob möglichst jedes Korn aus einem Mineral besteht und zusammengesetzte Körner nicht mehr vorhanden sind. Auf die grösste Korngrösse, die dieser Beschaffenheit am nächsten kommt, wird das Gesammtgemenge durch Zerkleinern und Sieben gebracht. Man kann im Allgemeinen annehmen, dass, je weniger reich an Einschlüssen die einzelnen Mineralelemente eines Gesteins sind, um so gröber das Pulver für die spätere Behandlung sein kann, und darf auf der anderen Seite nicht ausser Acht lassen, dass mit zunehmender Feinheit des Kornes die Schwierigkeit der mechanischen Trennung sich steigert, während die Leichtigkeit der chemischen Trennung zunimmt. Ergiebt die mikroskopische Vorprüfung, dass einzelne Gesteinselemente sehr zahlreiche Einschlüsse enthalten, so muss die Zerkleinerung weiter getrieben werden, und falls die Maschenweite der Siebe eine Sonderung nicht weiter gestattet, bedient man sich einer feinen Gaze, eines sogen. Beuteltuches, wie es zum Mehlsieben und anderem Verwendung findet.

Das so vorbereitete Pulver wird nun je nach seiner Zusammensetzung einer oder mehreren der jetzt zu beschreibenden mechanischen Trennungsweisen unterworfen. Dieselben sind die folgenden:

1. Trennung durch eine Flüssigkeit von hohem spezifischem Gewichte.

Wir haben im 59. Kapitel bereits eine Anzahl von schweren Flüssigkeiten kennen gelernt. Sie alle lassen sich auch zur mechanischen Sonderung von Mineralgemischen, wie man sie beim Pulvern von Gesteinen u. s. w. erhält, verwenden. Zu ihnen kommen noch einige Flüssigkeiten von besonders hohem spezifischen Gewichte hinzu, die man durch Schmelzen von Salzen mit niedrigem Schmelzpunkte erhält.

Zur Trennung mit den schweren Flüssigkeiten (Thoulet'sche, Klein'sche, Rohrbach'sche Lösung und Methylenjodid) dienen folgende Apparate:

Das einfachste Gefäss zur Scheidung nach dem spezifischen

Gewichte ist das gewöhnliche Becherglas. Die Flüssigkeit lässt sich mit einem Glasstabe leicht umrühren und die Vermischung des Pulvers mit der Flüssigkeit wird eine sehr innige; die einzige, aber auch sehr grosse Schwierigkeit besteht darin, die erhaltenen Theilprodukte zu trennen; man versucht es, den auf der Flüssigkeit schwimmenden Theil des Pulvers durch einfaches Abgiessen von dem zu Boden gesunkenen schwereren Theile zu trennen, aber es ist dabei ganz unmöglich zu vermeiden, dass an den Wandungen des Gefässes leichtere Körnchen hängen bleiben, die sich dann mit den schwereren vereinigen und diese verunreinigen. Alle ferneren Konstruktionen sind aus dem Bestreben hervorgegangen, diesen Uebelstand zu beseitigen, und versuchen es auf verschiedenem Wege, die zu Boden gesunkenen Theile zu isoliren.

Sehr einfach und für viele Zwecke, zumal für gröbere Sonderung grösserer Mengen sehr geeignet ist die von van Werveke[1]) vorgeschlagene Benützung eines gewöhnlichen Scheidetrichters (Fig. 200), dessen Hahn nicht unmittelbar unter dem Trichteranfange, sondern einige Zentimeter tiefer angebracht ist. Ein gewöhnlicher Trichter, dessen Röhre durchgeschnitten und an dem der Hahn durch ein Stück Gummischlauch mit Quetschhahn ersetzt ist, thut schliesslich ebenso gute Dienste. Das Pulver wird in den mit Scheideflüssigkeit halb gefüllten Trichter eingetragen, mit einem Glasstabe oder durch Umschütteln nach Auflegung einer aufgeschliffenen Glasplatte gut gemischt, und der zu Boden gesunkene schwerere Theil durch vorsichtiges Oeffnen des Hahnes in ein untergehaltenes Gefäss befördert.

Thoulet[2]) verwandte den in Figur 201 abgebildeten Apparat: In die Röhre *A* werden, während die Hähne *C* und *D* verschlossen sind, etwa 60 ccm der Lösung eingefüllt, und von oben 1—2 g des zu trennenden Pulvers zugegeben, nachdem dasselbe kurz zuvor gründlich mit Wasser ausgekocht und dadurch von der die einzelnen Körnchen umgebenden Hülle verdichteten Gases befreit war. Hierauf wird durch den durchbohrten Stopfen *E* die Eingussöffnung geschlossen. Nun wird der Hahn *C* vorsichtig geöffnet und gleichzeitig durch die Röhre *B* ein kontinuirlicher Luftstrom durch die Flüssigkeit in *A* hindurchgeführt, der zu einer innigen Mengung

[1]) L. van Werveke, Ueber Regeneration der Kaliumquecksilberjodid-Lösung und über einen einfachen Apparat zur Trennung mittelst dieser Lösung. Neues Jahrb. f. Min. etc. 1883. II. S. 86—87.

[2]) Bull. de la soc. min. de France. II. 1879. S. 17—24.

von Pulver und Scheideflüssigkeit führt und das sehr störende, auf Adhäsion beruhende Zusammenballen der Pulverkörnchen verhindert. Bei einiger Vorsicht und Aufmerksamkeit gelingt es, den Luftstrom durch *C* eintreten zu lassen, ohne dass die Scheideflüssigkeit in die Röhre *B* eindringt. Nach Schluss des Hahnes *C* erfolgt die Sonderung des Pulvers, die Körner, die schwerer als die Flüssigkeit sind, sinken zu Boden und sammeln sich im unteren verengten

Fig. 201.

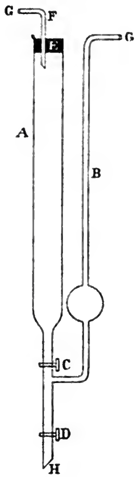
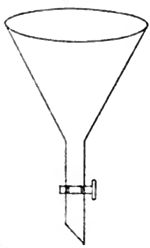


Fig. 200.



Theile der Röhre *A* an. Hierauf öffnet man den Hahn *C* wieder und lässt das abgesetzte Pulver in den Raum zwischen den Hähnen *C* und *D* fallen, wobei ein Theil der Lösung in die Röhre *B*, welche in der Mitte kugelförmig erweitert ist, eintritt. Nachdem alles Pulver den Hahn *C* passirt hat, wird derselbe verschlossen, das untere Ende des Apparates *H* in ein wassergefülltes Gefäss getaucht, der Hahn *D* geöffnet und das Pulver in das darunter stehende Gefäss befördert. Zur Reinspülung des Raumes zwischen *C* und *D* und der Röhre *B* saugt man verschiedene Male am oberen Ende der Röhre Wasser an, so hoch wie erforderlich und lässt dasselbe in das Gefäss mit dem Pulver zurückfliessen. Die verdünnte Lösung

über dem Pulver wird abgegossen, dasselbe mehrmals ausgewaschen, wobei auch das Waschwasser aufbewahrt wird, und schliesslich getrocknet. Die verdünnten Lösungen werden eingedampft und wieder zur konzentrirten Lösung zurückgegeben. Nun wird durch vorsichtiges Zugeben von Wasser die Scheideflüssigkeit in *A* bis zu dem Grade verdünnt, dass das nächstschwere Mineral ausfällt und genau ebenso verfahren, wie angegeben; dieser Prozess wird bis zur völligen Zerlegung des Pulvers, also bis zum Niedersinken auch des leichtesten Gemengtheiles, fortgesetzt.

Der Thoulet'sche Apparat hat verschiedene Nachtheile: er ist sehr zerbrechlich, die richtige Handhabung der Hähne *C* und *D* erfordert viel Aufmerksamkeit und der enge Raum über dem Hahne *C* verstopft sich leicht. Diese Fehler vermeidet eine von K. Oebbeke[1]) konstruirte Vereinfachung des Thoulet'schen Apparates, welche in Figur 202 abgebildet ist. Das Pulver wird mit der Scheideflüssigkeit gleichfalls durch einen Luftstrom gemengt, aber dieser wird durch eine dünne Glasröhre *r* eingeblasen, welche bis fast auf den Boden der Röhre *a* reicht und durch die eine Oeffnung des doppelt durchbohrten Verschlusskorkens *k* in dieselbe hineingelangt. Die Ausspülung des Raumes zwischen den beiden Hähnen nach erfolgtem Ablassen des niedergesunkenen Pulvers erfolgt durch einen feinen Wasserstrahl, der mit Hülfe einer in der Form von *b* gekrümmten, fein ausgezogenen Glasröhre erzeugt wird.

Einen weit dauerhafteren und bequemeren Apparat konstruirte T. Harada[2]). Derselbe ist in Figur 203 abgebildet und besteht aus einem dickwandigen, lang birnenförmigen Glasgefässe, welches oben durch einen eingeschliffenen Glasstöpsel verschliessbar und in dem unteren gestreckten Theile mit einem Hahne versehen ist, dessen Durchbohrung genau die Weite der Glasröhre besitzt. Durch die obere Oeffnung werden Pulver und Scheideflüssigkeit in die Birne gebracht und durch kräftiges Schütteln gut mit einander gemengt. Nachdem das schwerere Pulver zu Boden gesunken ist, und über ihm eine klare Flüssigkeitssäule sich gebildet hat, wird das untere Ende des Apparates in ein Spitzgläschen gesetzt und der Hahn vorsichtig geöffnet. Es fliesst zunächst ein kleiner Theil

---

[1]) Öbbeke, K., Beiträge zur Petrographie der Philippinen und der Palau-Inseln. Neues Jahrb. f. Min. etc. 1881. Beil.-Bd. I. S. 456—458.

[2]) Rosenbusch, Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien. Dritte Auflage. S. 241.

der Scheideflüssigkeit aus und füllt das Gläschen so weit, dass die Spitze des Apparates in der Flüssigkeit steht und der verminderte Luftdruck in der Birne ein weiteres Nachfliessen verhindert; nunmehr erfolgt ganz ruhig und gleichmässig ein Ausfliessen des niedergefallenen Mineralpulvers. Sobald es ganz heraus ist, wird der Hahn geschlossen, auf das Pulver im Spitzglase eine dünne Wasserschicht gebracht und nun der Apparat langsam gehoben, bis seine Spitze im Wasser steht. Dasselbe steigt schnell bis zum Hahn

Fig. 202.

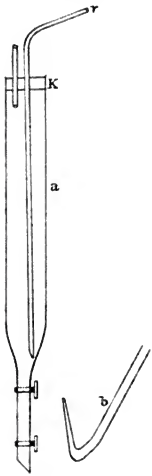
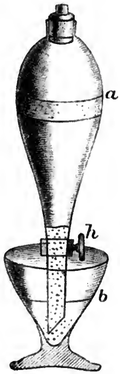


Fig. 203.

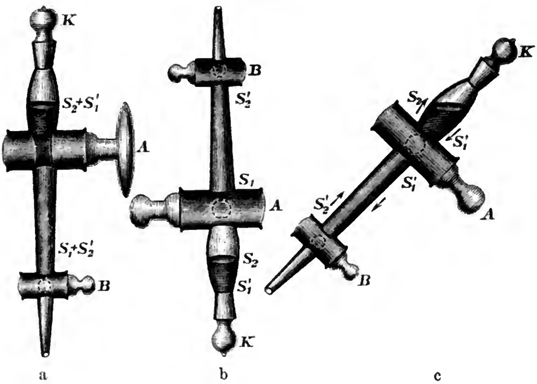


empor und besorgt die Ausspülung des unter demselben befindlichen Raumes. Zur weiteren Verdünnung der Flüssigkeit giebt man entweder von oben Wasser zu oder man dreht den Apparat um und lässt durch den Hahn die entstandene verdünnte Lösung in die Birne zurückfliessen. Die folgenden Abscheidungen immer leichterer Gemengtheile werden in genau derselben Weise ausgeführt.

Den mit diesem Apparate verbundenen Uebelstand, dass das niederfallende Pulver mechanisch etwas leichtere Bestandtheile mit fortreisst, und umgekehrt der schwimmende Theil schwere Stücke

festhält und nicht untersinken lässt, veranlasste Brögger[1]) zur Konstruktion einer sehr sinnreichen Modifikation, die in Figur 204 in einem Sechstel der natürlichen Grösse dargestellt ist. Sie unterscheidet sich, wie man sieht, von dem Harada'schen Apparate nur dadurch, dass sie in der Mitte einen grossen Hahn besitzt, dessen Durchbohrung denselben Durchmesser wie die Birne an der betreffenden Stelle hat. Wenn der Hahn A geöffnet ist, ist also der

Fig. 204.



Apparat eigentlich vollkommen dem Harada'schen gleich; wenn er geschlossen ist, unterscheidet er sich von ihm dadurch, dass er aus zwei getrennten Räumen besteht. Figur a zeigt den Apparat nach Einfüllung der erforderlichen Scheideflüssigkeit und des Pulvers, der Vermischung beider und dem Zu-Boden-sinken der ersten Ausfällung. Der Hahn A ist offen, der Hahn B verschlossen, den Stand der Flüssigkeit zeigt die Abbildung. Ueber dem unteren Hahne B sieht man die erste Ausfällung S_1, verunreinigt durch grössere Mengen mit niedergerissener leichterer Substanzen S_2', deren grösste Masse S_2 im oberen Theile der Flüssigkeit schwimmt, aber ihrerseits mechanisch einen Theil der

[1]) C. W. Brögger, Om en ny konstruktion af et isolations-apparat for petrografiske undersögelser. Geolog. fören. förhandl. 1884. VII. S. 417—427. — Neues Jahrb. f. Min. etc. 1885. I. S. 395. — Rosenbusch, Mikrosk. Phys. 3. Aufl. S. 242.

schwereren Substanz S_1 mit einschliesst. Nun wird der Hahn A geschlossen, der Apparat durch Umkehrung in die Stellung b gebracht, umgeschüttelt und eine Stunde sich selbst überlassen. Nach dieser Zeit haben die schwerere Substanz S_1, die leichtere S_2 und die Scheideflüssigkeit sich so in dem Apparate geordnet, wie Figur b angiebt. Der grössere Theil der schweren Mineralien S_1 steht über dem Hahne A, ein kleinerer Theil derselben S_1' im untersten Theile des umgekehrten Apparates; dagegen schwimmt der grösste Theil der leichteren Mineralien S_2 unter dem Hahne A und nur ein kleiner Theil S_2' unter dem Hahne B.

Nun wird der Apparat durch vorsichtiges Umkippen in die Stellung Figur c gebracht. Während dieser Bewegung verändern die vier getrennten Substanzmengen ihren Ort in der aus der Figur leicht ersichtlichen, durch Pfeile bezeichneten Art und Weise. Wird nun der Hahn A im passenden Zeitpunkte geöffnet, so wird die Substanz S_1' aus dem oberen Raume in den unteren niedersinken und sich dort mit S_1 vereinigen, und ebenso wird S_2' in den oberen Raum aufsteigen und sich dort mit S_2 vereinigen. Nachdem der Hahn A wieder geschlossen ist, wird von Neuem geschüttelt und mit dem beschriebenen Verfahren so lange fortgefahren, bis in dem einen Theile des Apparates keine Substanz mehr zu Boden fällt und in dem anderen keine mehr zum Schwimmen kommt.

Der Apparat ist bei Geissler's Nachfolger Fr. Müller in Bonn käuflich zu haben.

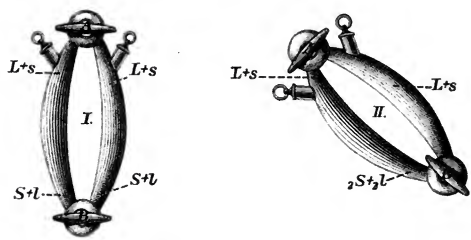
Muss man zur Scheidung sehr feiner Pulver das leicht bewegliche Methylenjodid verwenden, so besitzt der sonst treffliche Brögger'sche Apparat den Nachtheil, dass der grosse Mittelhahn schlecht dicht hält. Dieser Uebelstand veranlasste Wülfing, bei seinen Untersuchungen über den grönländischen Eisstaub einen neuen Apparat zu konstruiren, der in Figur 205 abgebildet ist und dessen Handhabung Wülfing selbst folgendermassen beschreibt[1]):

Ein elliptisch geformter hohler Glasring ist an den Enden des grösseren Durchmessers mit Hähnen A und B versehen, die eine Verbindung bezw. Trennung der beiden Hälften herzustellen erlauben. Die Durchbohrungen oder besser die seitlichen Ausschnitte der Hähne sollen, wie bei dem Harada'schen Trennungsapparate, genau so weit sein, wie die anstossenden Rohrstücke. Zum Ein-

[1]) C. A. Wülfing, Beiträge zur Kenntniss des Kryokonit. Neues Jahrb. f. Min. etc. Beil.-Bd. VII. 1890. S. 164.

und Ausgiessen sind zwei Oeffnungen mit Glasstopfen angebracht. Man füllt nun den Apparat etwa bis zu drei Vierteln mit Methylenjodid von bestimmter Konzentration, wozu etwa 30 ccm erforderlich sind, öffnet die Hähne so, dass die Flüssigkeit in beiden Schenkeln gleich hoch steht und schliesst dieselben wieder; alsdann wirft man das zu trennende Pulver in die Flüssigkeit auf beiden Seiten und schüttelt. Es findet die erste Sonderung statt. Das leichtere Pulver *L*, mit mehr oder weniger schwerem *s* verunreinigt, wandert nach rechts oben und links oben, das schwerere Pulver *S*, mit mehr oder weniger leichtem *l* verunreinigt, wandert nach rechts unten und links unten. Man bringt hierauf den Apparat in die

I Fig. 205. II



Lage II, öffnet den Hahn *B* und lässt das Pulver $S + l$ des rechten Schenkels mit dem Pulver $S + l$ des linken Schenkels sich vereinigen. Dies kann man dadurch beschleunigen, dass man (immer in der schiefen Stellung II) den Hahn *A* öffnet und mit Hülfe der Druckdifferenz die schwere Portion von rechts nach links im Strom hinüberführt, und die Flüssigkeit links dabei bis zum Hahn *A* steigen lässt. Alsdann schliesst man den Hahn *B*, lässt *A* offen und bringt den Apparat wieder in die Stellung I. Jetzt steht also die Flüssigkeit links höher wie rechts, und dieser Ueberschuss lässt sich mit dem oben darin schwebenden Pulver $L + s$ nach rechts überschütten Hat sich sehr viel leichtes Pulver abgeschieden, z. B. eine Menge von 1—2 g, so lässt sich das Ueberschütten beim ersten Male nicht vollständig ausführen; wenn man dann aber noch einmal durch den Hahn *B* die Flüssigkeit nach links bis zum Hahn *A* schiebt, so gelingt es nunmehr durch Schütteln des Apparates, auch den Rest $L + s$ nach rechts überzuschütten. Es bleibt alsdann nur übrig,

noch den Hahn *A* zu schliessen, um die Trennung ein zweites, drittes, n^{tes} Mal vornehmen zu können.

Bréon benützte zur mechanischen Trennung von Mineralien, deren spezifisches Gewicht zwischen 2,4 und 5 liegt, ein Gemisch von Chlorblei und Chlorzink im Schmelzflusse. Da ersteres in diesem Zustande 5,0, letzteres 2,4 spez. Gewicht hat, so kann man durch Veränderung der relativen Mengen der beiden Salze sich Schmelzflüsse von jedem gewünschten, innerhalb dieser Grenzen liegenden, spezifischen Gewichte herstellen. Das Gemenge wird in einem Probirgläschen auf dem Sandbade bis zur vollständigen Vermischung der Schmelzen erhitzt, wozu etwa 400° C. gehören, und hierauf unter Umrühren mit einem Platinstabe das zu trennende Mineralgemenge in kleinen Portionen zugegeben. Sobald die schwereren Theile desselben zu Boden gesunken sind, und die leichteren auf der Oberfläche schwimmen, lässt man das Gläschen ein wenig abkühlen und taucht es dann in kaltes Wasser. In Folge der plötzlichen Abkühlung lässt sich der Boden leicht abbrechen und der geschmolzene Kuchen leicht von dem Glase entfernen. Der obere und untere Theil desselben werden hierauf in zwei verschiedenen Gläschen mit heissem Wasser unter Zusatz von etwas Salpetersäure aufgelöst und die zurückbleibenden, nunmehr nach ihrem Gewichte getrennten Körner durch Abgiessen der Flüssigkeit und Auswaschen gereinigt. Man erhält nach dieser Methode indessen nur dann ein brauchbares Ergebniss, wenn die Grösse der einzelnen Mineralkörner nicht zu gering ist.

Anstatt dieser Salze ist von Retgers ein Schmelzfluss von geschmolzenem Höllenstein vorgeschlagen, welcher ein spezifisches Gewicht von 4,1 hat und bei 198° C. flüssig wird. Korund und Cölestin schwimmen auf dieser Lösung, während Rutil darin untersinkt. Man bedient sich zum Schmelzen kleiner Bechergläser und erwärmt dieselben auf offener Flamme im Schutze eines Drahtnetzes. Die auf der Schmelze schwimmenden Mineralpartikel werden durch Abgiessen oder durch Abheben mit einem Glasstäbchen entfernt. Eine Verdünnung der Schmelze erzielt man durch Hinzufügung entsprechender Mengen von Kali- oder Natronsalpeter.

Wenn man in eine warme konzentrirte Lösung von Höllenstein Jodsilber einträgt, so bildet sich am Boden des Gefässes eine gelbe, durchsichtige, ölige Flüssigkeit, die sich mit der farblosen, wässerigen Lösung nicht vermischt. Dieses Oel, welches man auch durch Zusammenschmelzen von trockenem Jodsilber mit Höllenstein

erhält, ist eine wasserfreie Verbindung beider Salze, auf welcher Braunit (spezifisches Gewicht etwa 4,8) schwimmt, Magnetit (5,2) aber sinkt. Dieselbe hat also ein spezifisches Gewicht von 5,0 und gestattet bei ihrem niedrigen, zwischen 65 und 70° C. liegenden Schmelzpunkte noch die Behandlung auf dem Wasserbade. Ein Mittel zu ihrer Verdünnung kennt man nicht.

Als noch vortrefflicheres Trennungsmittel fand Retgers[1]) später eine Schmelze des Thalliumsilbernitrates. Man erhält dieses Salz, indem man äquivalente Mengen von Thallium und Silber zusammen in konzentrirter kalter Salpetersäure auflöst und durch Erhitzen die freie Säure verdampft. Der Schmelzpunkt des Salzes liegt bei 75° C., und es liefert eine vollkommen durchsichtige Schmelze von wassergleicher Beweglichkeit, die ein spezifisches Gewicht von 5,0 besitzt. Das spezifische Gewicht der Schmelze, die sich erst in der Glühhitze zersetzt, kann ausserordentlich leicht durch Zusatz von Wasser erniedrigt werden, da das Thalliumsilbernitrat die seltene Eigenschaft hat, dass das geschmolzene wasserfreie Salz und die wässerige Lösung sich ohne Trübung mischen können, wobei eine Abnahme des Schmelzpunktes auf 60—50° eintritt.

Da jedoch die schwere Schmelze für die Zufügung des leichten Wassers sehr empfindlich ist, und daher ein Tropfen Wasser sofort eine beträchtliche Erniedrigung der Dichte hervorruft, die oft viel stärker ist, als die verlangte, so giebt man lieber zu viel Wasser zu und bringt die Flüssigkeit durch Verdampfen des Ueberschusses auf die gewünschte Dichte. Man erhitzt zu dem Zweck das Doppelsalz auf dem Wasserbade in einem kleinen schlanken Becherglase z. B. von 3 cm Durchmesser und 6 cm Höhe. Man bringt einen Indikator (s. S. 467), der die gewünschte Dichte besitzt, hinein und fügt unter fleissigem Umrühren tropfenweise Wasser zu, bis der Indikator sinkt. Jetzt verdampft man einige Zeit unter fortwährendem Umrühren, bis der Indikator eben anfängt zu steigen, und stürzt jetzt das zu trennende Mineralgemenge, das man schon bereit stehen hat, in die Flüssigkeit, rührt tüchtig um und lässt die Trennung sich vollziehen. Folgende Vorsichtsmassregeln sind hierbei, wenn man möglichst exakt arbeiten will, zu beachten: da die Dichte, bei der der Indikator schwebt, sich leicht ändert, weil sowohl durch die fortgesetzte Verdampfung als auch durch eine zu früh ein-

[1]) Neues Jahrbuch. 1893. I. S. 90.

getretene Abkühlung die Flüssigkeit schwerer wird, so ist es erforderlich, die Temperatur der Schmelze nach dem Schweben des Indikators und während der Mineraltrennung möglichst gleich zu halten, denn erst dann hat man die Gewissheit, dass die Trennung bei dem spezifischen Gewicht des Indikators sich vollzogen hat. Es ist darum gut, dass man kurz vor dem Schweben des Indikators (was man schon an der leichten Beweglichkeit desselben während des Umrührens erkennen kann) unter dem vorher gut kochenden Wasserbade die Flamme entfernt, damit die Temperatur desselben bald 90° und 80° wird und der Wasserverlust der Schmelze sich möglichst verzögert. Auch während der Mineraltrennung ist ein Wasserbad von 70° vollkommen genügend, weil die Schmelze selbst heiss genug ist, und nur die möglichste Temperaturkonstanz derselben bezweckt werden soll. Ein Herabnehmen des Becherglases von dem Wasserbade ist, wenn man nicht mit sehr grossen Quantitäten der Schmelze arbeitet, wegen der zu raschen Abkühlung und Steigerung der Dichte nicht empfehlenswerth. Sobald sich eine genügend hohe Schicht klarer Schmelze gebildet hat (also sobald die Mineraltrennung genügend zu Stande gekommen ist), muss man vielmehr sehr rasch abkühlen, damit die Steigerung der Dichte der flüssigen Schmelze, welche einen Theil der gesunkenen Körner zum Steigen bringen würde, vermieden wird. Man bringt also das Becherglas in ein grosses, mit Wasser gefülltes Gefäss und bewegt es hierin hin und her, bis die Schmelze erstarrt ist. Es muss hierbei natürlich Sorge getragen werden, dass kein Wasser mit der Schmelze in Berührung kommt.

Oft kommt es jedoch vor, dass die oben beschriebenen Fürsorgen nicht so ängstlich in Acht gehalten zu werden brauchen, wenn nämlich die zu trennenden Körper einen grossen Unterschied im spezifischen Gewichte besitzen. Man kann dann das Becherglas vom Wasserbade entfernen oder letzteres ganz entbehren, indem man über einer freien Flamme erhitzt. In diesem Falle bedient man sich zweckmässig eines Reagenzröhrchens von 2—3 cm Durchmesser, weil sich dasselbe während des Erhitzens leichter drehen lässt, als ein Becherglas.

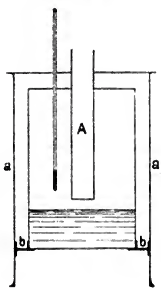
Die Isolirung der gesunkenen Körner geht sehr leicht und einfach, indem man das Becherglas resp. die Reagenzröhre unten durchstösst, die Glasscherben entfernt und den jetzt frei gelegten unteren Theil der Schmelze über einer schräg gehaltenen Flamme ab-

schmilzt. Die schweren Körner tropfen zusammen mit der Schmelze ab und werden in einer darunter gehaltenen Porzellanschale aufgefangen. Es muss sich also eine 2—3 cm hohe Schicht reiner Schmelze zwischen den beiden Mineralschichten befinden, weshalb man die Schmelze nicht eher abkühlen darf, als bis sich eine solche gebildet hat. Auch darf man nur den Boden des Gefässes zertrümmern und nicht das Ganze, damit der Schmelzkuchen durch Glas geschützt ist und nicht mit der Hand berührt zu werden braucht, wobei letztere ebenso geschwärzt wird, wie durch Höllenstein.

Die Mineralien werden aus der Schmelze gewonnen, indem man dieselbe in Wasser löst. Die Körner müssen gut ausgewaschen werden und das Waschwasser wird mit den erhaltenen Lösungen zur Rückgewinnung des ziemlich theueren Doppelsalzes eingedampft.

Penfield[1]) wendet bei Trennungen mit diesem Salze ein doppelwandiges, zylindrisches Kupferluftbad an, dessen Durchschnitt Figur 206 zeigt. Der äussere Zylinder steht auf Füssen. Das innere Bad wird gehalten von Trägern *b* und ist mit einigen Durchbohrungen versehen, welche den Zweck haben, die Wärme der Flamme zu vertheilen. Der Schacht *A* enthält ein Reagenzglas mit Silbernitrat, welches leicht im Schmelzflusse und auf konstanter Temperatur gehalten werden kann, und zwar für jede gewünschte Zeitdauer. Der letztere Umstand ist wichtig, um zirkulirende Strömungen zu vermeiden. Der Schmelzpunkt des Silbernitrates liegt bei 198 ° C., doch wurden 250 ° C. als jene Temperatur gefunden, bei welcher sich am besten arbeiten lässt. Das spezifische Gewicht der geschmolzenen Masse ist ungefähr 4,1 und kann durch Zusatz von KNO_3 erniedrigt werden. Das geschmolzene Salz bildet eine klare, bewegliche Flüssigkeit, in welcher die Gesteinspartikel sich frei bewegen, so dass die Trennung wie in jeder anderen schweren Flüssigkeit erfolgen kann. Beim Abkühlen erstarrt die Schmelze zu einem Kuchen mit den schwereren Theilen am Boden und den leichteren an der Oberfläche. Das Reagenzrohr kann leicht

Fig. 206.



[1]) Zeitschr. f. Krystallogr. 1894. S. 66.

von dem Kuchen abgelöst und letzterer in zwei Theile geschnitten werden, durch Auflösen in Wasser können die Mineralien getrennt werden. Das Silbernitrat wird durch Eindampfen und Schmelzen wieder gewonnen. Durch diese Scheidung von schweren und leichten Theilen, welche nöthigenfalls wiederholt wird, erzielt man ein ganz bemerkenswerth reines Produkt von nahezu einheitlichem spezifischen Gewicht; die Manipulation ist sehr einfach und das Resultat ausserordentlich zufriedenstellend.

Damit ist die Reihe der zur Trennung von Mineralpulvern geeigneten Apparate und Flüssigkeiten erschöpft. Bei der Auswahl eines derselben wird man sich nach dem Zwecke der Arbeit, der Zusammensetzung des Pulvers, der Korngrösse der einzelnen Mineralien und schliesslich auch nach den vorhandenen Mitteln richten und bald den einen, bald den anderen vorziehen. Was nun die Arbeit selbst betrifft, so verfährt man nicht etwa so, dass man in das Gemenge von Pulver und konzentrirter Lösung beliebig Verdünnungsflüssigkeit zugiebt, sondern man wird durch vorhergegangene mikroskopische Untersuchung des Gesteines im Dünnschliffe sich darüber klar zu werden suchen, mit welchen Mineralien man es überhaupt zu thun hat, welches die ungefähren spezifischen Gewichte derselben sind, in welcher Reihenfolge man sie abscheiden wird, kurz man wird vorher einen vollständigen Plan der Arbeit zu entwerfen haben. In den meisten Fällen wird man dabei sich vor die Aufgabe gestellt sehen, eine Lösung von genau bestimmtem Gewichte herzustellen, um mit dieser den Scheideprozess zu beginnen.

Wenn man nicht in der Lage ist, sich einer hydrostatischen Wage bedienen zu können, so kommt man am einfachsten zum Ziele, wenn man sich einer sogen. Indikatorenskala bedient. Man versteht darunter eine Reihe von Mineralien in kleinen, reinen Splittern, die nach dem spezifischen Gewichte so geordnet sind, dass die einzelnen Elemente der Skala einen kleinen, annähernd gleichen Abstand von einander haben. Ich gebe im Folgenden (S. 468 u. 469) zwei solche Indikatorenskalen, deren erste Goldschmidt, deren zweite Stelzner aufgestellt hat.

Soll nun das spezifische Gewicht einer Lösung genau mit demjenigen eines der Indikatoren übereinstimmen, so legt man denselben in eine Scheideflüssigkeit von etwas höherem spezifischen Gewichte hinein und verdünnt diese durch tropfenweises Zugeben von Wasser resp. anderer Verdünnungsflüssigkeit so weit, dass der

I.

Nummer	Name	Fundort	Spez. Gewicht	Differenz
1	Schwefel	Girgenti	2,070	0,090
2	Hyalit	Waltsch	2,160	0,052
3	Opal	Scheiber	2,212	0,034
4	Natrolith	Brevig	2,246	0,038
5	Pechstein	Meissen	2,284	0,078
6	Obsidian	Lipari	2,362	0,035
7	Perlit	Ungarn	2,397	0,068
8	Leucit	Vesuv	2,465	0,105
9	Adular	St. Gotthard	2,570	0,047
10	Eläolith	Brevig	2,617	0,033
11	Quarz	Middleville	2,650	0,039
12	Labradorit	Labrador	2,689	0,026
13	Calcit	Rabenstein	2,715	0,018
14	Dolomit	Muhrwinkel	2,733	0,135
15	Dolomit	Ransis	2,868	0,048
16	Prehnit	Kilpatrick	2,916	0,017
17	Aragonit	Bilin	2,933	0,087
18	Aktinolith	Zillerthal	3,020	0,105
19	Andalusit	Bodenmais	3,125	0,055
20	Apatit	Ehrenfriedersdorf	3.180	

Indikator an jeder Stelle der Flüssigkeit verharrt, weder sinkt noch steigt. Man erkennt die Annäherung an den Gleichgewichtszustand daran, dass der Indikatorsplitter sich auf die hohe Kante stellt. Liegt das gewünschte Gewicht zwischen den Gewichten zweier Indikatoren, so wirft man beide in die Flüssigkeit und verdünnt so weit, dass der schwerere langsam sinkt, der leichtere dagegen aufsteigt. Um eine gehörige Mischung der Flüssigkeiten zu erzeugen, muss man das Gefäss während des Verdünnens tüchtig schütteln. Ist die Lösung eingestellt, so entfernt man die Indikatoren vermittelst eines unten rechtwinkelig gebogenen Glaslöffelchens.

Bei der Trennung mittelst Jodmethylen oder einer Flüssigkeit, die man durch Sättigen desselben mit Jodoform oder Jod erhält

II.

Nummer	Name	Spez. Gewicht	Differenz
1	Hyalit	2,173	0,039
2	Opal	2,212	0,038
3	Natrolith	2,250	0,034
4	Pechstein	2,284	0,036
5	Wavellit	2,320	0,047
6	Obsidian	2,367	0,027
7	Petalit	2,394	0,093
8	Leucit	2,487	0,078
9	Orthoklas	2,565	0,021
10	Feuerstein	2,586	0,023
11	Eläolith	2,609	0,030
12	Oligoklas	2,639	0,030
13	Mejonit	2,669	0,030
14	Labrador	2,699	0,030
15	Beryll	2,729	0,059
16	Dysyntribit	2,788	0,080
17	Dolomit	2,868	0,044
18	Prehnit	2,912	0,021
19	Aragonit	2,933	0,107
20	Turmalin	3,040	0,114
21	Andalusit	3,154	0,055
22	Hornblende	3,209	0,041
23	Diopsid	3,250	0,040
24	Axinit	3,290	0,058
25	Olivin	3,348	

(spezifisches Gewicht 3,60—3,65), verfährt man am besten auf folgende Weise:

Man bringt die Körner in einen Porzellantiegel, welchen man auf eine flache Glasschale (z. B. ein grosses Uhrglas) gestellt hat, giesst die jodhaltige Flüssigkeit bis dicht an den Rand des Tiegels und lässt einige Zeit ruhig stehen. Die leichteren Körner schwimmen auf der Oberfläche, die schwereren ruhen auf dem Grunde des Tiegels. Man giesst darauf sehr vorsichtig mehr Flüssigkeit zu,

bis diese anfängt, über den Rand des Gefässes zu strömen und mit den schwimmenden Körnern in die unten stehende Glasschale zu fliessen. Man hört hiermit erst auf, wenn die Oberfläche der Flüssigkeit vollkommen rein von Körnern ist. Da diese stark glänzend ist wie Quecksilber, so kann man leicht feststellen, wann die Trennung beendigt ist. Auf diese Weise geht dieselbe ebenso glatt und scharf vor sich, wie in einer durchsichtigen Flüssigkeit. Man trennt die Flüssigkeit von den Körnern in einem kleinen Scheidetrichter, dessen Hahn nur so weit geöffnet wird, dass die Flüssigkeit tropfenweise ausfliesst, und reinigt alsdann die Körner mit Benzol, ebenso wie die in der Trennungsflüssigkeit untergesunkenen Körner.

Der [1]) im Prinzip einfachen und korrekten Trennung der Gesteinsgemengtheile nach dem spezifischen Gewicht stellen sich nun aber in der Praxis mehrfache Schwierigkeiten entgegen, nämlich:

1. Der innige Verband der Gemengtheile, der bei dem Zerkleinern Körnchen liefert, welche nicht einheitlich, sondern aus verschiedenen Mineralien zusammengesetzt sind, und zwar in um so grösserer Menge, je geringer im Gestein die Korngrösse ist, und je weniger weit die Zerkleinerung getrieben wird. Immerhin sollte letztere nicht tiefer hinabgehen, als es durchaus nöthig ist.

2. Das Schwanken im spezifischen Gewicht der Mineralien, welches herrührt: a) von der zonenweise wechselnden Zusammensetzung eines Individuums; b) von der Einlagerung fremder mikroskopischer Substanzen; so wird z. B. das spezifische Gewicht eines Minerals durch Gasporen (oder Glaseinschlüsse) herabgezogen, durch eingewachsene Magnetitkörnchen erhöht; untersucht man unter dem Mikroskop, ob die leichtesten oder die schwersten Körnchen die reinsten sind, so muss man das spezifische Gewicht der reinsten als das normale, richtige betrachten. Die unreinen Theile gerathen bei der Trennung in die Zwischenprodukte. c) Von beginnender Zersetzung, Verwitterung und Umwandlung; auch hier kann noch reines Material abgeschieden werden, wenn man wiederum das spezifische Gewicht der frischesten Theile kennt, und in engen Grenzen ausfällt.

3. Die grosse Aehnlichkeit oder selbst Identität des spezifischen Gewichts bei verschiedenen einander begleitenden Mineralien, z. B. Quarz und Oligoklas, Apatit und Hornblende.

---

[1]) Zirkel, Lehrbuch der Petrographie. Leipzig 1893. S. 106—108.

4. Die Neigung der leichten Körnchen, namentlich wenn sie in grosser Mehrzahl vorhanden sind, sich an die schwereren zu heften und diese mit in die Höhe zu heben. Je weiter das Gefäss ist, desto weniger ist dieser Uebelstand zu befürchten. Es ist vielleicht nicht unzweckmässig, die Trennung zuerst, unbekümmert um etwa zurückgehaltene Theile durchzuführen und dann durch Wiederholen des ganzen Verfahrens eine Reinigung vorzunehmen.

Bei jeder Trennung fällt ausser den annähernd reinen Partikeln auch eine grössere oder geringere Menge von (als solche unverwendbaren) sogen. Zwischenprodukten, d. h. Verwachsungen zweier oder mehrerer Mineralien, ferner Substanzen, welche durch Verwitterung ganz oder theilweise nicht mehr frisch sind u. s. w.

Da blätterige Mineralien wie Glimmer in einer schweren Lösung oft noch schweben, wenn sie auf Grund ihres wahren spezifischen Gewichtes schon gefallen sein sollten, so werden dieselben am besten entweder vor oder nach der Trennung auf anderem mechanischem Wege abgeschieden (siehe Kap. 63, 3).

Kapitel 62.

2. Trennung mittelst Magnetstabes und Elektromagneten.

Abscheidung magnetischer Bestandtheile mittelst des gewöhnlichen Magnetstabes. Nach Cohen verfährt man zur Isolirung stark magnetischer Mineralien (Eisen, Nickeleisen, Schreibersit, Magnetit, Cohenit, Magnetkies) am besten in der Weise, dass man ein Papier feucht auf einen Holzrahmen spannt, welcher auf vier Beinen von solcher Länge steht, dass sie ein Operiren mit der Hand zwischen Papier und Tischplatte gestatten. Nachdem man das gut getrocknete Pulver auf dem trockenen Papiere ausgebreitet hat, zieht man mit dem unter dem Papier hingeführten Magnetstabe die magnetischen Bestandtheile aus dem Pulver heraus und führt sie gegen den Rand des Rahmens, von wo sie mit einem Pinsel abgenommen werden. Je feiner das Pulver ist, um so öfter ist das Ausziehen zu wiederholen, da jedesmal mechanisch einzelne nicht magnetische Körner mit fortgerissen werden. Als Magneten empfiehlt Cohen als recht zweckmässig die breiten Stahlkämme, mit welchen die Maler Holzaderung nachahmen, da die Zacken hin-

länglich elastisch sind, um ein direktes Bestreichen des Papiers ohne Verletzen desselben zu gestatten. Der Stahlkamm selbst wird durch einen kräftigen Hufeisenmagneten in der für den einzelnen Fall geeigneten Stärke magnetisch gemacht. Man kann auch eine magnetische Bürste verwenden, deren Drähte zur Erhöhung der Elastizität in einer Kautschukplatte befestigt sind.

Während es auf diesem Wege nur gelingt, die direkt magnetischen Mineralien abzuscheiden, kann man mit dem Elektromagneten eisenfreie und eisenhaltige Mineralien von einander trennen. Auf diese Methode zuerst hingewiesen und ihre Brauchbarkeit bei petrographischen Untersuchungen gezeigt zu haben, ist das Verdienst von Fouqué. Noch ist es nicht mit Sicherheit bekannt, auf welchem Umstande der Grad der Anziehbarkeit der verschiedenen Mineralien durch die Elektromagneten beruht. Jedenfalls ist der grössere oder geringere Eisengehalt nicht entscheidend, da die direkte Messung lehrt, dass manche Mineralien mit geringem Eisengehalte der Anziehung leichter folgen, als andere mit höherem Gehalte, und da andererseits die elektromagnetischen Eigenschaften eines Minerals durch vorheriges Glühen desselben erhöht werden können, wodurch doch nur die Form des Eisens, nicht aber seine Menge eine Veränderung erfährt. Dölter hat durch eine Reihe von Versuchen eine Skala hergestellt, die mit den Mineralien von grösster Attraktionsfähigkeit beginnt und mit denjenigen endigt, die eben noch in ganz schwacher Weise dem Elektromagneten folgen. Diese Reihe ist die folgende:

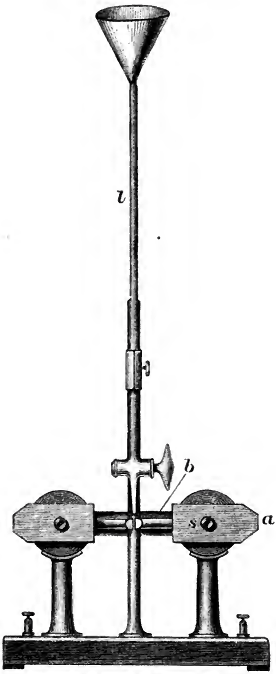
1. Magnetit,
2. Hämatit, Ilmenit,
3. Chromit, Siderit, Almandin,
4. Hedenbergit, Ankerit, Limonit,
5. Eisenreiche Augite, Pleonast, Arfvedsonit,
6. Hornblende, lichtgefärbte Augite, Epidot, Pyrop,
7. Turmalin, Broncit, Idokras,
8. Staurolith, Aktinolith,
9. Olivin, Pyrit, Kupferkies,
10. Biotit, Chlorit, Rutil,
11. Hauyn, Diopsid, Muskowit,
12. Nephelin, Leucit, Dolomit.

Es wird darnach in vielen Fällen möglich sein, Mineralien von sehr verschiedener Attraktionsfähigkeit in Gemengen von einander da-

durch zu trennen, dass man die Stärke des Elektromagneten allmählich erhöht. Dölter schlug dagegen die Anwendung von 2, 4, 6, 8 bis 12 Bunsen'schen Elementen vor. Rosenbusch aber hat gezeigt, wie man den gleichen Zweck weit besser erreicht, wenn man sich eines hufeisenförmigen Elektromagneten bedient, an dessen Polen Platten aus weichem Eisen in der Form spitzer Keile beweglich angeschraubt sind. Dieselben wenden ihre keilförmigen Ansätze einander zu, die magnetische Wirkung wächst überaus rasch, je mehr man die Keile einander nähert, und nimmt ebenso rasch ab, wenn man sie von einander entfernt. Die Platten werden in der geeigneten Entfernung festgeschraubt, man lässt den Strom den Elektromagneten umkreisen und nähert das zu trennende Pulver auf einem Papierstück den Schneiden der keilförmigen Ansätze, welche nun die Pole bilden, oder lässt nach Bedürfniss die Pole selbst in das Pulver eintauchen. Dann zieht man das Papier zurück und lässt unter Unterbrechung des Stromes das vom Magneten angezogene Pulver auf ein unter demselben ausgebreitetes anderes Stück Papier fallen, wobei man mit einem Pinselchen oder einer kurz geschnittenen Feder die am Magneten etwa haften bleibenden Körnchen entfernt. In derselben Weise wiederholt man das Ausziehen und erleichtert sich das wiederholte Oeffnen und Schliessen des Stromes dadurch, dass man in den Schliessungsdraht eine kleine Quecksilberwanne einschaltet, in welche man mit der rechten Hand das eine Drahtende eintaucht und heraushebt, während man mit der linken Hand das Pulver den Polen näher bringt oder von ihnen entfernt. Der Elektromagnet wird passend an einem festen, galgenförmigen Stativ aus Holz aufgehängt, während ein kräftiges Chromsäureelement als Batterie dient. Das beschriebene Verfahren ist besonders geeignet für den Fall, dass die Aufgabe in dem Ausziehen grosser Mengen von magnetischen Elementen besteht. Will man aber umgekehrt aus einem an eisenfreien Mineralien reichen Gemenge ein geringes Quantum eisenhaltiger Stoffe ausziehen, so benützt man eine von Pébal zuerst angegebene, von Mann verbesserte Methode, nach welcher die Extraktion nicht aus dem trocknen, sondern aus dem im Wasser suspendirten Pulver erfolgt. Pébal rührte in einem Becherglase das Pulver mit einem Glasstabe auf und führte unter fortwährendem Umrühren und Bewegen den Elektromagneten in der Flüssigkeit selbst umher. Viel zuverlässiger ist das Mann'sche Verfahren, nach welchem die beiden oben beschriebenen keilförmig

zugespitzten Pole des horizontal gestellten Hufeisenmagneten mit den messerschneidenartigen Enden in etwa 5 mm Abstand von einander vertikal und parallel eingestellt werden. Alsdann lässt man das mit Wasser angesetzte Pulver in eine Art Bürette (Fig. 207) mit trichterförmiger Erweiterung am oberen Ende und einem Hahn am unteren Ende einfliessen und zwar giebt man das Wasser so schnell in den Trichter hinein, dass die in dem langen Trichterrohre befindliche Luft nicht entweichen kann, sondern als langgestreckte Luftblase zurückbleibt. Damit erreicht man, dass für das mit dem Pulver gemengte Wasser nur ein schmaler Durchgang zwischen der Rohrwandung und der Luftblase übrig bleibt, so dass die schweren Theile des Pulvers sich nicht niedersetzen und weder die Hahndurchbohrung noch die Rohrmündung verstopfen können. In Folge dieser Länge des Weges und wegen der daraus hervorgehenden grösseren Reibung ist das Pulver gezwungen, in gleichmässiger Mengung mit Wasser und in stetigem, ruhigem Strome an den Rohrwandungen herab und an den Polen des Elektromagneten vorbei zu fliessen. An diesen bleiben die ausziehbaren Theilchen haften und werden nach Unterbrechung des Stromes von den Polenden ab in ein Schälchen gebracht.

Fig. 207.



Kapitel 63.

3. Abscheidung dünner Blättchen. — 4. Trennung durch Schlämmmethoden. — 5. Trennung nach der Schmelzbarkeit. — 6. Auslesen mit der Hand.

3. Absonderung dünner Blättchen (besonders glimmerartiger Mineralien) und feiner Nadeln. Rosenbusch[1]) sonderte aus dem Pulver eines Glimmertrachytes die Glimmerblättchen in der Weise, dass er das gut ausgewaschene und getrocknete Pulver mehrmals über eine schwach geneigte Fläche rauhen Schreibpapiers gleiten liess. Die Glimmerblättchen bleiben unterwegs hängen, das Feldspathpulver gleitet herab.

Linck[2]) verfuhr statt dessen in folgender Weise: er nahm einen gewöhnlichen gut gearbeiteten Glastrichter, behauchte denselben auf seiner Innenfläche und schüttete darauf rings im Kreise herum kleine Portionen des Pulvers. Der Glimmer blieb an der feuchten Wand haften, während alle mehr oder weniger eckigen Mineralkörner in ein untergestelltes Gefäss abrollten. Aufstossen des Trichterrandes auf eine mit Papier belegte Tischplatte genügt, den Glimmer zu gewinnen. Um ganz reines Material zu erhalten, muss man jedoch die Prozedur mehrfach wiederholen; dabei ist es zweckmässig, das Pulver aus stets grösserer Höhe in den Trichter fallen zu lassen, da durch grössere Fallgeschwindigkeit das Anhaften der feinsten Körnchen verhindert wird. Auf diese Weise fällt natürlich auch immer etwas Glimmer mit durch den Trichter.

4. Trennung durch Schlämmmethoden. Im[3]) Allgemeinen findet durch Schlämmen nur eine Sonderung nach Gestalt und Korngrösse Statt, so dass die Methode, wie wir oben in Kapitel 48 gesehen haben, besonders bei agronomischen Untersuchungen Verwendung findet, um feineres Material von gröberem zu trennen; doch lässt sie sich gelegentlich in Verbindung mit einer der übrigen Methoden mit Vortheil anwenden, z. B. bei der Isolirung von Thonschiefernädelchen, bei der Gewinnung von

---

[1]) Neues Jahrb. f. Min. 1880. II. S. 207.

[2]) Abh. zur geolog. Spez.-Karte von Elsass-Lothringen. III. 1. S. 41—42. Strassburg 1884.

[3]) Cohen, Zusammenstellung petrogr. Untersuchungsmethoden. S. 14.

Glimmer aus Glimmerschiefern, bei der Untersuchung von Lösungsrückständen der Meteoreisen. In manchen Fällen ist es zweckmässig, statt Wasser Alkohol anzuwenden. Das spezifische Gewicht der Mineralien kommt kaum in Betracht, da vielfache Versuche ergeben haben, dass selbst Körper von so verschiedenem spezifischen Gewichte, wie Nickeleisen und Olivin oder Broncit, sich nicht durch Schlämmen sondern lassen. Ja, es findet nicht einmal eine wesentliche Anreicherung Statt, da Blättchen von Nickeleisen zusammen mit den kleineren Silikatkörnern aufgewirbelt werden.

Indessen gelang es Thürach[1]) doch, durch eine modifizirte Schlämmmethode schwere Mineralien sowohl aus Verwitterungsschutt wie aus gepulvertem frischen Gestein zu isoliren. Er giebt zu dem Zwecke folgende Anweisung:

Man bringt das gesiebte Pulver in eine gewöhnliche Porzellanschale mittlerer Grösse und schlämmt zuerst die feinsten, im Wasser schwebend bleibenden thonigen Theilchen ab. Zu dem meist sandigen Rückstand setzt man dann die doppelte Menge Wasser und bringt ihn darin durch Schwenken der Schale auf kurze Zeit in schwebende Bewegung. Dabei senken sich die spezifisch schwereren Theilchen nach unten. Man neigt nun die Schale nach der einen Seite, verlangsamt die Bewegung, giesst das Wasser ab und zieht die oberste Sandschichte mit der Hand aus der Schale. Den Rückstand behandelt man noch mehrmals in gleicher Weise, bis zuletzt nur ein ganz geringer Rückstand bleibt, der schon durch sein Aussehen die bedeutende Anreicherung an den gesuchten selteneren Mineralien erkennen lässt. Wiederholt man das Verfahren mit dem abgezogenen Sande noch ein paar Mal, so kann man fast die ganze Menge der vorhandenen spezifisch schwereren Mineralien isoliren. Diesen Rückstand wäscht man dann mit destillirtem Wasser und bringt ihn mit einer kleinen Menge desselben nochmals in Bewegung. Dabei trennen sich die schwereren Theilchen fast völlig von den noch vorhandenen leichteren und können nach dem Trocknen mit der Feder von denselben weggenommen werden. So hat Thürach oft grosse Mengen Schutt in wenigen Minuten geschlämmt. Die Schlämmrückstände untersuchte er dann theils unter Wasser, grösstentheils aber rührte er sie in Kanadabalsam ein, um die untersuchten Präparate dauernd aufbewahren zu können.

---

[1]) Thürach, Ueber das Vorkommen mikroskopischer Zirkone und Titanmineralien in den Gesteinen. Inaug.-Diss. Würzburg 1884.

Aber nicht bloss den Schutt zersetzter Gesteine hat er auf diese Weise untersucht, sondern auch viele feste Sedimentärgesteine und frische krystallinische Gesteine. Dieselben wurden zerdrückt, die gröberen Theilchen mittelst Haarsieb von dem feinen Pulver abgesiebt, und dieses in der geschilderten Weise geschlämmt. Mergel, Kalksteine und Dolomite behandelte er zuerst mit Salzsäure und schlämmte hierauf den unlöslichen Rückstand.

5. Trennung nach der Schmelzbarkeit. Um ein Mineral auf seine Schmelzbarkeit zu prüfen, fasst man einen möglichst dünnen Splitter desselben mit der Platinpinzette; Metallverbindungen dagegen, die beim Schmelzen das Platin leicht angreifen, werden auf Kohle erhitzt. Lässt sich ein dünner Splitter nicht gewinnen, so sucht man ein Körnchen aus, welches eine Spitze oder scharfe Kante besitzt. Mineralien, die beim Erhitzen zerspringen, knistert man vorher im Glaskölbchen ab. Völlig zu Staub zerfallende oder bereits in diesem Zustande befindliche Mineralien reibt man mit wenig Wasser im Achatmörser fein, streicht von dem dünnen Brei etwas auf Kohle und trocknet und erhitzt denselben so lange mit Hülfe der Löthrohrflamme, bis die ausgebreitete Masse lose auf der Kohle liegt. Sie bildet nun eine zusammenhängende feste Platte, die man behutsam in die Pinzette zwischen die Platinspitzen nimmt und darauf an der äussersten Kante in dem heissesten Raume einer Oxydationsflamme erhitzt.

Wendet man zur Prüfung einer Substanz auf ihre Schmelzbarkeit in der Pinzette eine reine starke Oxydationsflamme an, d. h. erhitzt man die äusserste Kante oder Spitze der angewandten Probe in der äusseren Flamme so, dass noch ein geringer Abstand zwischen der Spitze der blauen Flamme und der Probe wahrzunehmen ist, so sieht man sehr bald, ob die Substanz schmelzbar ist oder nicht. Die unschmelzbaren Mineralien behalten ihre scharfen Kanten unverändert bei, wovon man sich jedoch nur mit Hülfe der Lupe überzeugen kann, die schwer schmelzbaren runden sich an den Kanten ab und die leicht schmelzbaren schmelzen zu einer Kugel. Man kann daher in Bezug auf ihre Schmelzbarkeit vor dem Löthrohre die Substanzen eintheilen:

1. in solche, die sich zu Kugeln schmelzen lassen und zwar a) leicht, b) schwer;

2. in solche, die nur an den Kanten geschmolzen werden und zwar a) leicht, b) schwer;

3. in unschmelzbare.

v. Kobell hat eine Skala aufgestellt, mit deren Schmelzbarkeit man diejenige der zu prüfenden Mineralien vergleicht. Dieselbe enthält folgende Glieder:

1. Antimonglanz, welcher schon an der blossen Lichtflamme schmilzt.

2. Natrolith, welcher an der Lichtflamme nur in feinen Nadeln, vor dem Löthrohre dagegen selbst in Stücken noch leicht geschmolzen werden kann.

3. Almandin (Thoneisengranat), welcher an der Lichtflamme gar nicht, vor dem Löthrohre aber noch recht gut in etwas stumpfen Stücken schmilzt.

4. Amphibol (Strahlstein aus dem Zillerthale), schmilzt merklich schwerer als Almandin, aber leichter als

5. Adular vom St. Gotthard.

6. Broncit von Kupferberg kann nur noch in den feinsten Spitzen abgerundet werden.

Für den Gebrauch schlägt man sich von den Mineralien dieser Skala Splitter von verschiedener Grösse und Feinheit vorräthig, um sie bei der Prüfung eines Minerals auf Schmelzbarkeit zum Vergleiche zur Hand zu haben. Den Grad der Schmelzbarkeit bezeichnet man durch Angabe der Nummer desjenigen Minerals obiger Skala, welches dem zu prüfenden am ähnlichsten sich verhält, oder wenn es in der Mitte zwischen zweien steht, durch Angabe zweier Zahlen, z. B. 3—4.

Eine Anzahl von Eisenerzen sind in der Oxydationsflamme zwar unschmelzbar, können aber im Reduktionsfeuer oder selbst in der Spitze der blauen Flamme mehr oder weniger leicht geschmolzen werden.

Bei der Untersuchung auf Schmelzbarkeit treten bei vielen Mineralien noch andere Erscheinungen auf, die wohl zu beachten sind. Dahin gehören Veränderungen der Farbe, Anschwellen und Aufschäumen, Entstehung blumenkohlähnlicher Gebilde u. a., was unter Umständen zu einer raschen Erkennung des Minerals führen kann.

Nach Dölter[1]) lässt sich nun der verschiedene Grad der Schmelzbarkeit in vielen Fällen nicht nur zur Unterscheidung, sondern auch zur mechanischen Sonderung von Mineralien ver-

[1]) Vulkane der Kapverden S. 69.

wenden. Er schlägt folgendes vor: man nehme ein Platinblech, auf welches die möglichst gleichmässigen Körner von etwa $^2/_3$ mm Durchmesser aufgestreut werden, wobei neben die zu untersuchenden Körner ein solches einer bekannten Varietät derselben Spezies gelegt wird. Zum Erhitzen nimmt man einen Gebläsegasbrenner, mit welchem allmählich verschieden hohe Temperaturen erzeugt werden. Man kann dabei die Grade: dunkle Rothgluth, helle Rothgluth, beginnende Weissgluth, helle Weissgluth unterscheiden und ausserdem die Zeitdauer berücksichtigen. Hat man verschiedene analysirte Mineralien, von denen man ausgehen kann, so kann man angeben, zwischen welchen derselben der Schmelzpunkt des zu bestimmenden Minerals liegt. Man kann sich auch der Schmelzbarkeit bedienen, um Mineralien, wenn auch nur sehr approximativ, mechanisch zu sondern. Hat man nämlich eine Anzahl Körner, welche auf dem Platinbleche nicht über, sondern neben einander liegen, was man durch Benützung eines Siebes leicht erreichen kann, so kann man es durch langsames Steigern der Temperatur dahin bringen, dass die leicht schmelzbaren auf dem Bleche anschmelzen, worauf man die andern entfernen kann. Zu diesem Zwecke kann man sich auch in einigen Fällen der Eigenschaft mehrerer Mineralien bedienen, durch Schmelzen magnetisch zu werden, da sich dieselben, nachdem man sie vom Blech mittelst eines Messerchens entfernt hat, durch eine Magnetnadel von andern Mineralien trennen lassen.

6. Auslesen unter dem Mikroskop mit der Hand. Hin und wieder lassen sich aus dem separirten, grössentheils homogenen Pulver Verunreinigungen nicht anders als durch Auslesen unter dem Mikroskop bei schwacher Vergrösserung entfernen. Man vertheilt das Pulver portionenweise recht gleichmässig auf einem Objektträger und tupft mit einer feinen Präparirnadel, an deren Spitze eine Spur Canadabalsam gebracht ist, die vereinzelten fremden Körnchen heraus. Sobald das Tröpfchen Balsam ringsum mit angeklebten Körnchen bedeckt ist, hält man die Nadel einen Augenblick in ein Schälchen mit Benzol, in welchem nach Auflösung des Canadabalsams die ausgelesenen Körnchen zu Boden sinken [1]).

Als Modifikation dieses Verfahrens empfiehlt Rosenbusch [2])

---

[1]) Zirkel, Lehrbuch der Petrographie. S. 107.

[2]) Rosenbusch, Mikrosk. Physiogr. der Min. 3. Aufl. S. 257.

die Benutzung eines dickeren Glasstreifens, in welchen man longitudinal eine Rinne eingeschliffen hat, oder auf welchem man diese Rinne dadurch herstellt, dass man zwei keilförmig zugeschliffene Glasstreifen mit den einander zugewandten Schneiden nach unten aufklebt. Das Pulver wird in diese Rinne so eingetragen, dass die Körnchen einander nicht zu nahe liegen. Man schiebt die Glasplatte unter dem Mikroskop langsam vorbei, und sobald eines der gesuchten Körnchen im Gesichtsfeld ist, hebt man es mit einem dünnen Wachsfaden oder einem Schwefelhölzchen, dessen fein zugespitztes Ende man ein wenig befeuchtet hat, heraus. Thoulet saugt die Körnchen durch ein Glasröhrchen an, welches mit einem System von zwei, Spritzflaschen ähnlich gebauten, unter einander durch Glasröhren und Kautschukschläuche verbundenen Gläschen beweglich befestigt ist. Man saugt die Luft aus dem letzten Gefäss, während die Spitze das Körnchen berührt; letzteres fällt in das erste Gefäss.

Kapitel 64.

Isolirung der Gesteinsgemengtheile.

II. Auf chemischem Wege.

Die Isolirung von Gesteinsgemengtheilen auf chemischem Wege kann auf mancherlei, dem jedesmaligen Zwecke angepasste Art und Weise ausgeführt werden. Mehr noch als bei der mechanischen Sonderung ist es erforderlich, dass man sich einen genauen Ueberblick über die in Betracht kommenden Mineralien, ihre Zusammensetzung und ihre verschiedene Widerstandsfähigkeit gegen chemische Agentien verschafft, und sich auf Grund dieser Ermittelungen einen genauen Operationsplan feststellt. Nirgends ist blindes Versuchen weniger angebracht wie hier.

Bei der Anordnung des Stoffes folge ich in diesem Abschnitte der Disposition, die Cohen der „Zusammenstellung petrographischer Untersuchungsmethoden nebst Angabe der Literatur“ [1]) zu Grunde gelegt hat. Wichtigeres gebe ich wörtlich oder im Auszuge nach den angegebenen Quellen, für minder Wichtiges füge ich die Literaturangaben nach dem angeführten Werke bei.

[1]) Dritte Auflage. Stuttgart 1896.

a) Ausziehen von Karbonaten mit Essigsäure oder mit stark verdünnter Salzsäure.

Die Methode ist so einfach, dass dazu kaum etwas zu bemerken ist. Die Säure muss so stark verdünnt sein, dass die übrigen Mineralien dadurch in keiner Weise angegriffen werden.

b) Behandlung mit stärkerer Salzsäure oder Schwefelsäure bei Gegenwart von Silikaten, von denen ein Theil durch diese Säuren zersetzt wird, ein anderer Theil unzersetzt bleibt oder wenigstens nur schwach angegriffen wird [1]*.*

A. Lacroix, Sur les inclusions de la phlogopite de Templeton (Canada). Bull. Soc. Min. 1885. VIII. S. 99—102.

c) Behandlung mit konzentrirter Flusssäure zur Zersetzung einzelner Silikate oder zur Isolirung von Mineralien.

Das [2]) gepulverte Gestein wird durch Schlämmen mittelst des von Thoulet angegebenen Apparates vom feinsten Staube befreit, und durch Siebe von verschiedener Lochgrösse werden Proben von je gleicher Körnergrösse erhalten.

Je nach dem Zwecke der Untersuchung wählt man die Körnergrösse des Pulvers: feineres Korn bis feinstes Pulver für die Isolirung der Mineralien der Grundmasse, gröberes für die der Einsprenglinge. Durch kürzere oder längere Behandlung mit konzentrirter Fluorwasserstoffsäure, wobei empfehlenswerth ist, nicht zu viel Substanz auf einmal in die Säure einzutragen, gelingt es leicht, einen oder mehrere Bestandtheile zu entfernen. Anhaftende Glastheilchen, welche bei der Trennung mit Hülfe der Thoulet'schen Lösung oft sehr störend wirken, werden durch einige Sekunden an-

---

[1]) Wenn auch diese Methode mit Recht nicht mehr eine so allgemeine Verwendung findet, wie in früherer Zeit und mit Vorsicht zu benützen ist, so liefert sie doch in manchen Fällen befriedigende Resultate. Ueber das Verhalten von Pyroxenen gegen Säuren vergl. z. B. N. Story-Maskelyne, On the mineral constituents of meteorites. Phil. Transact. 1870. S. 208—210. — E. Cohen, Ueber den Meteoriten von Zsadany, Temesvar-Comitat, Banat. V. nat.-med. V. 1877—1880. N. F. II. 161. Anm.

[2]) Oebbeke, K., Beiträge zur Petrographie der Philippinen und der Palau-Inseln. Neues Jahrb. f. Min. Beil.-Bd. 1881. I. S. 455—456.

haltende Einwirkung der Säure vollständig zerstört. Die den Mineralien anhaftende gelatinöse Kieselsäure bringt man dadurch fort, dass das Pulver unter einem schwachen Wasserstrahl anhaltend in der Schale mit dem Finger gerieben wird. Ist die grösste Menge derselben fortgeführt, so lässt man trocknen und erhitzt vorsichtig; die gelatinöse Kieselsäure wandelt sich in eine pulverige weisse Masse um und nun wiederholt man die erste Operation.

Die Feldspathe, mit Ausnahme des Anorthits, widerstehen der Flusssäure ziemlich, es bedarf längerer Einwirkung und der Anwendung von Wärme, um sie gänzlich zu zerstören.

Zurück bleiben die Pyroxene, Amphibole, Olivin, Biotit und Magneteisen, so weit keine weiteren, in Säure unlöslichen Mineralien vorhanden sind. In gewissen Fällen kann auch der Quarz, welcher schwerer angreifbar ist als die Feldspathe, in diesem Rückstande sein. Der Gang der chemischen Einwirkung auf die Mineralien ist unter dem Mikroskop nach jedesmaliger Beendigung einer Operation zu kontrolliren.

Mann[1]) erzielte bei dem Versuche der Trennung des Augites aus Phonolithen nach dieser Methode keine günstigen Resultate, da dieses Mineral auch bei kürzerer Einwirkung der Flusssäure stark angegriffen wurde.

Küch[2]) konnte durch Behandlung mit konzentrirter Flusssäure den Nachweis des Vorkommens von Quarz bei Gesteinen führen, in denen er so wenig vorkommt, dass er in mehreren Dünnschliffen fehlen konnte. Er übergoss das Gesteinspulver mit konzentrirter Flusssäure, kochte kurze Zeit stark und behandelte dann den Rückstand mit Schwefelsäure oder spülte durch Wasser die zersetzten Gesteinspartikel hinweg. Unter dem Mikroskop kann man dann die eckigen Quarzsplitter vorzüglich erkennen. Die übrigen zurückbleibenden Mineralien geben zu Verwechselungen keinen Anlass.

Salomon fand, dass bei lange andauernder Behandlung mit Fluorwasserstoffsäure ohne Schwefelsäure kleinere Partikel von Spinell aufgelöst und grössere angegriffen werden; bei mehrere Tage fortgesetzter Digestion verschwinden auch die grössten Splitter, während winzige Korundsplitter selbst dann noch zurückbleiben. Auf diese Weise lassen sich die genannten Mineralien also von einander trennen. (W. Salomon, Geologische und petrographische

---

[1]) Neues Jahrb. f. Miner. 1884. II. S. 175.

[2]) Neues Jahrb. f. Miner. 1886. I. S. 43.

Studien am Monte Aviólo im italienischen Antheil der Adamello-Gruppe. Z. d. D. G. G. 1890. S. 525.)

d) Zersetzung aller Silikate mit Kieselflusssäure zur Isolirung von Quarz.

Genauere Versuche haben ergeben, dass von Kieselflusssäure bei mässiger Wärme auch Quarz angegriffen wird, wenn auch bei weitem nicht so heftig, wie Feldspath. Die auf diesem Wege erhaltenen Zahlen haben also nur den Werth, dass sie die Mindestmenge des anwesenden Quarzes angeben.

e) Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure oder konzentrirter Salzsäure bei hoher Temperatur und hohem Druck.

Auf diesem Wege versuchte Hazard Quarz im Gemenge mit Orthoklas und Albit quantitativ zu bestimmen. Er beschreibt [1]) seine Methode folgendermassen:

Ich bestimmte Kieselsäure und Thonerde und berechnete für die letztere die dem Orthoklas und dem Albit gehörige Kieselsäure [2]), welche ich von der gesammten Kieselsäure in Abzug brachte. Der Rest ergiebt die dem Quarz zugehörige Kieselsäure. Auch die Gegenwart der nicht aufschliessbaren Kalknatronfeldspathe bringt keinen erheblichen Fehler bei der Bestimmung hervor. Es wurde dann zunächst, der Tschermak'schen Theorie entsprechend, die zur Konstitution des Anorthites erforderliche Thonerde aus dem gefundenen Kalk nach dem Verhältniss von 1 Kalk : 1,83214 Thonerde berechnet und von der gesammten Thonerde in Abzug gebracht, ferner für die erstere Thonerdemenge die vom Anorthit geforderte (1 Thonerde : 1,16959 Kieselsäure) und für die übrige Thonerde die zur Zusammensetzung des Orthoklas und des Albit erforderliche Kieselsäure berechnet und beide Kieselsäuremengen zusammen von der gesammten Kieselsäure in Abzug gebracht; der Rest ergiebt die gesuchte Quantität des Quarzes.

Die Ausführung der Analyse erfordert die strenge Beachtung gewisser Regeln, indem einerseits die vollständige Aufschliessung

[1]) Zeitschrift f. analyt. Chemie von Fresenius. Bd. 23 (1884). S. 158 und 159.

[2]) Nach dem Verhältniss zwischen Thonerde und Kieselsäure, das für beide Mineralien 1 : 3,50878 ist.

mehrerer Silikate ein äusserst sorgfältiges Pulvern derselben voraussetzt und andererseits ein unvorsichtiges Auswaschen des feinen Pulvers eine Trübung des Filtrats verursachen kann. Der empfehlenswerthe Gang des Verfahrens ist folgender: Das Gesteinspulver wird mit 2 Theilen konzentrirter Schwefelsäure und 1 Theil Wasser in einer Glasröhre eingeschmolzen und 6 Stunden lang in einem Luftbade der Temperatur von 250 ° C. ausgesetzt. Nach dem Oeffnen des Rohres wird dessen Inhalt in eine Schale ausgespült, nöthigenfalls werden die an den Glaswandungen enger haftenden Theile vermittelst eines mit kurzem Kautschukschlauche versehenen Glasstabes entfernt und die Säure vor dem Abfiltriren gehörig verdünnt. Nachdem der Rückstand oberflächlich ausgewaschen ist, wird das Filter nebst seinem Inhalt in mässig verdünnte Kalilauge gebracht und eine Stunde lang auf dem Wasserbade digerirt, die Lösung abermals mit Wasser verdünnt, abfiltrirt, anfangs mit verdünnter heisser Kalilauge und dann mit verdünnter Salzsäure ausgewaschen. Das wohl getrocknete Filter wird mit seinem Inhalt im Platintiegel eingeäschert, das Pulver mit Soda aufgeschlossen, und die Kieselsäure, die Thonerde und der Kalk in der üblichen Weise bestimmt.

Ueber die verschiedenen übrigen Methoden, welche zur Isolirung von Quarz vorgeschlagen sind, von denen aber, wie es scheint, keine ganz befriedigende Resultate gewährt, giebt Cohen folgende Literaturzusammenstellung:

A. Müller, Quantitative Bestimmung des Quarzgehaltes in Silikatgemengen. — Löslichkeit des Quarzes in Phosphorsäure. Journ. f. prakt. Chemie. 1863. S. 43—46.

Derselbe, Ueber die Bestimmung des Quarzgehaltes in Silikatgemengen. Ebenda 1866. S. 14—23.

F. Wunderlich, Beitrag zur Kenntniss der Kieselschiefer, Adinolen und Wetzschiefer des nordwestlichen Oberharzes. Inaug.-Diss. Leipzig 1880. S. 42—49.

Vergl. übrigens auch die Angaben in Kapitel 49.

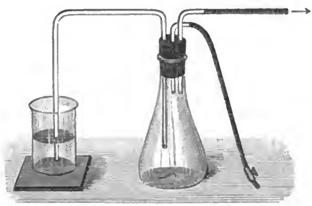
f) Behandlung des feinen Pulvers mit Flusssäure und Salzsäure oder Schwefelsäure.

Man[1]) wendet am zweckmässigsten, besonders bei basischen Silikaten, zuerst eine Mischung von Salzsäure und Flusssäure an,

[1]) Cohen, Zusammenstellung petrographischer Untersuchungsmethoden. Stuttgart 1896. S. 17.

da solche einerseits leichter lösliche Salze liefert, andererseits weniger auf die zu isolirenden Kryställchen einwirkt. Nur wenn dieselbe nicht genügt (z. B. bei vielen glimmerartigen Mineralien), ersetzt man die Salzsäure durch Schwefelsäure. Man darf aber dann bei Gegenwart mancher Mineralien (z. B. von Thonschiefernädelchen) nicht direkt über der Flamme erhitzen, um die Fluoride zu zerstören, da die heisse Schwefelsäure einen Theil, ja das ganze zu isolirende Material auflösen kann. Zur Beschleunigung der Arbeit dekantirt man am besten nach dem Vorschlage von Dr. van Werveke mit einem Heber, der mit der Bunsen'schen Luftpumpe verbunden

Fig. 208.



ist. Man kann dann fast die gesammte Waschflüssigkeit abheben, nur muss man den Heber entfernen, so lange er noch in letztere eintaucht, um die zuletzt sich bildenden kleinen Wirbel zu vermeiden. Das Gefäss zur Aufnahme der Flüssigkeit versieht man am besten mit Gummischlauch und Klemmschraube an einer dritten Röhre (Fig. 208). Nachdem der Apparat zusammengestellt und der Wasserhahn geöffnet ist, zieht man die Klemmschraube langsam an, um ein allmähliches Ansaugen zu bewirken.

Zur Isolirung der Thonschiefernädelchen verfuhr Kalkowsky folgendermassen [1]: Fester frischer Thonschiefer wird in kleine, dünne Blättchen von 1 mm Länge und Breite und $^1/_4$ mm Dicke zerlegt; die gesiebten Blättchen werden mit dem dreifachen Volumen konzentrirter Flusssäure übergossen und bleiben unter öfterem Umrühren bis zum anscheinenden Ende der Einwirkung im Kalten stehen. Dann wird konzentrirte Schwefelsäure hinzugefügt, wobei Erhitzung eintritt, die zur Aufschliessung des etwaigen unzersetzten Schieferrestes genügt. Nach 24 Stunden

[1]) Neues Jahrb. f. Min. 1879. S. 384—385.

(in der Kälte) dekantirt man das Säuregemisch möglichst und giesst den Rückstand in ein grosses Becherglas mit Wasser. Nach dem Auswaschen wird der Bodensatz nach 24 Stunden in eine Platinschale gebracht, das Wasser zum grösseren Theile verdampft, konzentrirte Salzsäure hinzugefügt, und die Masse etwa eine Stunde bei 60—80° digerirt. Dann fügt man Wasser hinzu, so viel die Platinschale noch fasst, erwärmt noch einige Zeit, entleert dann das Ganze in ein Becherglas mit Wasser, dekantirt die schwebenden Theile und behandelt den Rest noch einmal hinter einander bei gelinder Erwärmung mit Fluss-, Schwefel- und Salzsäure. Nach 24 Stunden dekantirt man und vereinigt den Bodensatz mit dem ersten Theilprodukte. Der nochmals mit konzentrirter Salpetersäure behandelte und 2—3mal ausgewaschene schwarze Bodensatz wird dann in einer Platinschale zur Trockne abgedampft, wobei man zuletzt Sorge zu tragen hat, dass der Bodensatz sich über eine möglichst grosse Fläche als dünner Ueberzug vertheilt, dann durch Glühen vom Kohlenstoff befreit, und nun hat man als Rest die Nädelchen als einen fast hellgelben Staub, untermischt mit ganz wenig Turmalinkryställchen.

Cathrein[1]) schlägt vor, lieber gepulverten Thonschiefer zu verwenden. Auch kam er schneller zum Ziele, wenn er das feine Gesteinspulver nach Zusatz von etwas Schwefelsäure mit Flusssäure wiederholt bis zum völligen Verschwinden des Quarzes auf dem Wasserbade behandelte, dann mit konzentrirter Salzsäure längere Zeit digerirte, die saure Lösung dekantirte, den wiederholt ausgewaschenen Bodensatz trocknete und zur Entfernung von Kohlenstoff (Graphit) stark glühte. Der Rückstand enthielt Rutil in grösseren Krystallen, Zirkon, Turmalin und die Nädelchen. Letztere konnten von den erstgenannten drei Mineralien leicht getrennt werden, da sie im Wasser sich sehr langsam absetzten, während die grösseren und schwereren Rutil- etc. Kryställchen schnell zu Boden sanken. Giesst man die durch die Nädelchen getrübte Flüssigkeit vorsichtig ab, so erhält man sie schliesslich ganz rein.

In ganz analoger Weise verfuhr Sauer[2]) bei der Isolirung des Rutils aus archäischen Gesteinen, wobei er die Identität der Nädelchen mit Rutil nachwies.

---

[1]) Neues Jahrb. f. Min. 1881. I. S. 173—174.

[2]) Neues Jahrb. f. Min. 1879. S. 571 und 1880. I. S. 280.

Cohen[1]) war bemüht, die Methode derart zu modifiziren, dass sich grössere Mengen von Material in Arbeit nehmen lassen, die Zersetzungsoberfläche möglichst vergrössert werden kann, die Zersetzung der Hauptsache nach bei gewöhnlicher Temperatur stattfindet und weniger Zeit in Anspruch nimmt, und dass die gleichzeitige Behandlung verschiedener Gesteinsproben ermöglicht ist.

Die gewünschte Vereinfachung lässt sich erzielen, wenn man das Gesteinspulver mit Wasser oder mit Wasser und Schwefelsäure durchfeuchtet und in einer Reihe von flachen Bleischüsseln von verschiedener Grösse ausbreitet, welche dann in einem Bleitopf, wie ihn beistehende Skizze veranschaulicht, über einander gesetzt werden. Die oberste Schüssel trägt in der Mitte einen Knopf, um sie leichter herausheben zu können, während die unteren klei-

Fig. 209.



neren am Rande genügend Raum lassen, um sie bequem anzufassen. Die untere Hälfte des Topfes bleibt frei zur Aufnahme der nöthigen Menge von Flussspath und Schwefelsäure. Der mit einem starken Knopf versehene Deckel greift mit einen Falz über und kann so genau gearbeitet werden, dass ein Kittverschluss unnöthig ist; will man letzteren anwenden, so empfiehlt sich mit Wasser angerührtes Leinsamenmehl. Die Einwirkung der Flusssäuredämpfe lässt sich dadurch zweckmässig beschleunigen, dass man den Topf an einen warmen Ort stellt. Ist die Lage in den Schüsseln zu hoch, so muss man nach einiger Zeit öffnen, durch Umrühren die gebildete Salzkruste entfernen oder auch die gesammte Masse mit Salzsäure und Wasser extrahiren und den unzersetzten Rückstand

[1]) Mittheilungen aus dem naturwissenschaftl. Verein f. Neuvorp. u. Rügen. 1888. S. 138.

noch einmal resp. noch mehrere Male in gleicher Weise behandeln, wie zuvor. Hat sich das in Arbeit genommene Gesteinspulver auf ein kleines Volumen reduzirt, so wird man den Rest der Behandlung wohl am besten in einem Platintiegel mit flüssiger Flusssäure vornehmen.

Der von Cohen benützte Bleitopf ist mit Deckel 10 cm hoch, ohne letzteren 8,3 cm, bei einem Durchmesser von 16,2 cm im Lichten; die Dicke der Wandungen beträgt 5 mm. Die vier Schüsseln haben Durchmesser von 9½, 11½, 13½, 15½ cm; doch dürfte es zweckmässig sein, die oberen Schüsseln etwas zu verkleinern, damit die Dämpfe freier zirkuliren können. Ferner ist es von Vortheil, möglichst stark gehämmertes Blei verwenden zu lassen; dasselbe gestattet einerseits die Stärke der Wandungen nicht unerheblich zu verringern und damit ein leichteres Gewicht zu erzielen, andererseits scheint es widerstandsfähiger gegen den Einfluss der Säure zu sein.

Vergl. hierüber ausserdem folgende Litteratur:

J. Lemberg, Ueber die Kontaktbildungen bei Predazzo. Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 1872. XXIV. S. 190.

E. Kalkowsky, Ueber Thonschiefernädelchen. Neues Jahrb. f. Min. 1879. S. 382—387.

A. Cathrein, Ein Beitrag zur Kenntniss der Wildschönauer Schiefer und der Thonschiefernädelchen. Neues Jahrb. f. Min. 1881. I. S. 172—174.

A. Sauer, Rutil als mikroskopischer Gesteinsgemengtheil. Neues Jahrb. f. Min. 1879. S. 571; 1880. I. S. 280.

A. Cossa, Rutil im Gastaldit-Eklogit von Val Tournanche. Neues Jahrb. f. Min. 1880. I. 162—164.

B. Doss, Die basaltischen Laven und Tuffe der Provinz Haurân und vom Dîret Et-Tulûl in Syrien. Tscherm. min. u. petrogr. Mitth. 1886. VII. S. 504.

K. Vogelsang, Beiträge zur Kenntniss der Trachyt- und Basaltgesteine der Hohen Eifel. Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 1890. XLII. S. 30.

g) Behandlung des Pulvers mit konzentrirter Natronlauge.

Die bisher beschriebenen Methoden der Trennung von Silikaten und anderen Mineralien gehen von dem verschiedenen Verhalten derselben gegen Säuren aus. J. Lemberg theilt [1]) ein neues Verfahren mit, welches auf dem verschiedenen Verhalten gegen kaustische Alkalien

---

[1]) Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 1883. S. 560.

beruht; durch letztere werden Silikate in Verbindungen übergeführt, die immer durch Säuren sehr leicht zerlegbar sind, die Umwandelbarkeit durch Alkali ist jedoch für verschiedene Silikate sehr verschieden, und hierauf gründet sich die Methode. Verhältnissmässig rasch werden alle Feldspäthe, Kaolin und sonstige thonige Zersetzungsprodukte in zeolithartige Verbindungen übergeführt, recht langsam werden Andalusit, Prehnit, Epidot und Kaliglimmer verändert, Hornblende und Augit dagegen wieder ziemlich stark. Auch Quarz löst sich verhältnissmässig rasch in Natronlauge. Quantitative Analysen von Gebirgsarten lassen sich nach diesem Verfahren nicht ausführen, sondern nur eine Isolirung einzelner Bestandtheile; im Folgenden ist das Verfahren näher beschrieben, nach welchem der Augit eines Phonolithes isolirt wurde. Das nicht zu fein [1]) gepulverte Gestein wurde mit möglichst konzentrirter Natronlauge (so dass die Lauge bei Zimmertemperatur zu Krystallbrei erstarrt) in einem geräumigen Platintiegel 24 Stunden auf dem Dampfbade bei 100° behandelt, wobei es durchaus nöthig ist, in den ersten Stunden möglichst oft mit einem Platinstabe umzurühren, um ein Zusammenbacken zu verhindern. Nach 24stündiger Einwirkung [2]) wurde mit Wasser stark verdünnt, das Gelöste abgegossen und dann durch Salzsäure die aus Feldspath entstandenen Zeolithe gelöst; nach dem Auswaschen wird der Rückstand von Neuem mit Natronlauge auf dem Dampfbade behandelt, jedoch länger als 24 Stunden, und das ganze Verfahren so lange wiederholt, bis das Produkt unter dem Mikroskop rein erscheint; alsdann wird es einige Minuten mit verdünnter Natronlauge bei 100° behandelt zur Lösung etwaiger durch Salzsäure abgeschiedener Kieselsäure. Im Rückstande ist allein der Augit noch übrig.

---

[1]) Ueber die Grösse des Korns lässt sich nichts Allgemeines angeben; je widerstandsfähiger das zu isolirende Mineral und in je relativ grösserer Menge es vorkommt, desto feiner darf man pulvern; auch ist es bisweilen zweckmässig, von Neuem zu pulvern, nachdem man den grössten Theil der zu entfernenden Mineralien gelöst hat. Man muss ferner einen bedeutenden Ueberschuss von Natronlauge nehmen, damit die Konzentration derselben durch die theilweise Neutralisation durch Kieselsäure nicht beträchtlich geändert wird; Kalilauge wandelt Orthoklas langsamer um, als Natronlauge; vielleicht lässt sich durch Anwendung passend konzentrirter Kalilauge der Orthoklas von beigemengtem Quarz reinigen.

[2]) Um Eintrocknen und Kohlensäureabsorption zu verhindern, ist die Lauge immer mit einer ca. 1 cm dicken Schicht geschmolzenen Paraffins bedeckt.

h) Schmelzen mit Natriumkarbonat.

Kalkowsky[1]) isolirte Spinell aus Granulit durch Behandeln des Gesteinspulvers mit schmelzendem Kalinatronkarbonat, wobei Rutil, Quarz, Feldspäthe und Glimmer in Lösung gehen, der Granat dagegen mit übrig bleibt. Von ihm liess sich der feinsandige Spinell zum grössten Theile durch einfaches Herabrollen auf geneigt gehaltenem Schreibpapier unter Anklopfen entfernen. Von den feinen Granatkörnchen kann durch wiederholtes Ausschmelzen mit dem Alkalikarbonat noch etwas entfernt werden, im ferneren durch Behandeln mit kalter Flusssäure; ganz rein, d. h. zur quantitativen Analyse geeignet kann man aber den Spinell auf diese Weise nicht erhalten. Auch von öfter vorhandenem Andalusit lässt sich der Spinell nicht vollständig trennen.

Auch M. Koch[2]) machte die Erfahrung, dass die Isolirung des Spinells durch Schmelzen mit kohlensaurem Kalinatron zwar gelingt, dass jedoch der Rückstand (es handelte sich um Einschlüsse in Kersantit) immer mehr oder weniger durch Sillimanit- und Cyanitreste verunreinigt war, so dass es unmöglich war, mit Aussicht auf sichere Resultate chemische Reaktionen damit vorzunehmen.

i) Isolirung amorpher Kieselsäure.

Um aus verkieselten Gesteinen die amorphe Kieselsäure zu entfernen und zu bestimmen, schlug Hatch[3]) folgendes Verfahren ein: Er stellte sich eine Lösung von 400 g Kaliumhydrat (puriss.) im Liter her und benützte davon 20 cm^3 für 1 g Gesteinspulver. Das getrocknete und gewogene Gesteinspulver wird 1 Stunde lang auf dem Wasserbade bei häufigem Umrühren mit der Lösung gekocht, mit Wasser verdünnt, ein paar Mal durch Dekantiren mit kochendem Wasser gewaschen, auf ein kleines gewogenes Filtrirpapierchen gebracht und so lange mit heissem Wasser gewaschen, bis ein Tropfen des Waschwassers keine Veränderung in der Farbe von rothem Lakmuspapier hervorbringt. Das Pulver wird dann in

---

[1]) Ueber Hercynit im sächsischen Granulit. Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 1881. S. 535.

[2]) Die Kersantite des Unterharzes. Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst. für 1886. S. 91.

[3]) Tscherm. min. u. petrogr. Mitth. VII. S. 330—331.

dem Trockenschrank bei 105° getrocknet und zwischen zwei mit einer Klammer verbundenen Uhrgläschen gewogen. Der Verlust giebt die amorphe Kieselsäure.

k) Schmelzen des Gesteinspulvers zur Erkennung von Quarz.

In Andesiten konnte Küch[1]) den Quarz in der Weise kenntlich machen, dass er das Gesteinspulver im Platintiegel über einem kräftigen Gebläse zusammenschmolz; die sämmtlichen Mineralien schmolzen dabei zu einem dunkelbraungrünen Glase zusammen, in welchem die unveränderten Quarzkörner sich wieder finden liessen.

Dies Verfahren ist natürlich nicht anwendbar, wenn Oxyde (Magneteisen) oder basische Mineralien für sich oder mit vorhandener Thonerde schmelzbare Produkte liefern.

l) Behandlung mit sogen. neutralen Lösungsmitteln zur Unterscheidung bituminöser und kohliger Substanzen.

Zur Unterscheidung von unter dem Mikroskope nicht zu trennenden bituminösen und kohligen Substanzen wandte Cohen[2]) ein Extraktionsverfahren an. Er benützte zu diesem Zwecke Aether und den Soxhlet'schen Extraktionsapparat, welcher gestattet, mit einer geringen Menge von Flüssigkeit beliebig lange zu operiren. Gelingt in vielen Fällen auch keine vollständige Extraktion, so erhält man doch nach Verdunstung des Aethers ölige Substanzen von ozokeritähnlichem Geruche und von mehr oder minder intensiver bräunlicher Färbung. Wendet man Lösungsmittel mit hohem Siedepunkte an (z. B. Xylol), so kann man die Extraktion natürlich auch in einem gewöhnlichen Kolben vornehmen.

m) Behandlung mit neutralen Lösungen von Metallsalzen, um Silikate, Sulfide, Phosphornickeleisen und Kohle von Metallen zu trennen.

F. Wöhler, Ueber die Bestandtheile des Meteorsteines von Bachmut in Russland. Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1862. XLVI. II. S. 305.

J. Boussingault, Analyse d'une fonte chromifère. Dosage du carbone dans la fonte, le fer et l'acier. Comptes rendus. 1868. LXVI. 874. Vergl. auch C. Rammelsberg, Beiträge zur Kenntniss der Meteoriten. Monatsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1870. S. 440—445. — Ueber den Meteorstein von Chan-

---

[1]) Neues Jahrb. f. Min. 1886. I. S. 43—44.

[2]) Neues Jahrb. f. Min. Beil.-Bd. V. 1887. S. 220.

tonnay. Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 1870. S. 889. — Ueber das Schwefeleisen des Meteoreisens. Ebenda S. 895—896.

N. Story-Maskelyne, On the Mineral constituents of meteorites. Philos. Trans. 1871. S. 360.

E. H. v. Baumhauer, Sur la météorite de Tjabé, dans l'Inde Néerlandaise. Arch. Néerl. 1871. S. 312—318.

Pearse, Zeitschr. f. anal. Chem. 1877. S. 504; vergl. auch K. R. Fresenius, Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse. 6. Aufl. S. 415.

H. v. Foullon, Ueber die mineralogische und chemische Zusammensetzung des am 16. Februar 1883 bei Alfianello gefallenen Meteorsteins. Schr. d. Wiener Akad. 1883. S. 438.

C. Friedheim, Ueber die chemische Zusammensetzung der Meteoriten von Alfianello und Concepcion. Monatsber. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin. 1888. S. 187—188.

Kapitel 65.

Die Untersuchung der isolirten Fragmente.

a) Bestimmung der Härte sehr feinen Pulvers oder kleiner Krystalle.
(Vergl. S. 453.)

b) Reaktion auf Zirkonerde.

Nach Rosenbusch schmilzt man das feine Pulver der Probe im Platintiegelchen mit Soda im Gewichtsverhältnisse 1 : 2 wenige Minuten bei lebhafter Rothgluth. Die mit heissem Wasser, welches zweckmässig mit HCl angesäuert sein kann, ausgelaugte Schmelze liefert durchsichtige, wasserhelle, oder durch Platin aus dem Tiegel gelblich gefärbte hexagonale Lamellen, welche sich gern glimmerartig über einander packen. Zur Reaktion genügen 5 mg Zirkon. Hat man grössere Mengen der Probe genommen und das Gewichtsverhältniss zur Soda wie 1 : 10 gewählt, so erhält man nach etwa 5 Minuten heller Rothgluth von der ausgelaugten Schmelze einen krystallinen Rückstand quadratischer Krystalle.

Vergl. ferner:

A. Michel-Lévy et Bourgeois, Sur les formes cristallines de la zircone et sur les déductions à en tirer pour la détermination qualitative du zircon. Comptes Rendus. 1882. XCIV. S. 812—815; Bull. Soc. Min. 1882. V. S. 136—140.

G. H. Bailey, On a method of separation and estimation of Zirconium. Journ. Chem. Soc. 1886. XLIX. S. 149—152 u. 481—485; vergl. auch: Ann. f. Chem. u. Pharm. 1886. CCXXXII. S. 352—357.

c) *Reaktion auf Titansäure* [1]).

Schönn, Ueber das Verhalten des Wasserstoffsuperoxyds zu Molybdän- und Titansäure. Z. anorg. Ch. 1870. IX. 41—42.

R. Fresenius, Neue Reaktion auf Titansäure. Z. anorg. Ch. 1885. XXIV. 410—412.

H. Rosenbusch, Mikr. Phys. I. Stuttgart 1892. 269.

W. F. Hillebrand, Warning against the use of fluoriferous hydrogen-peroxide in estimating titanium. Journ. Amer. Chem. Soc. 1895. XVII. Nr. 9.

d) *Reaktion auf Borsäure und Lithion durch Schmelzen mit Ammoniumfluorid oder mit einem Gemenge von Flussspath und saurem schwefelsaurem Kali (Turner'sche Probe) und Prüfung der Flammenfärbung.*

N. W. Lord, Ammonium Fluoride as a blowpipe reagent. Ch. N. 1884. XLIX. 253.

Für kleine chemische Untersuchungen auf Reisen, bei denen man nur ungern starke flüssige Säuren mit nimmt, kann man sich mit grossem Vortheile der Citronensäure als Ersatz bedienen. Wie die Untersuchungen H. Carrington Bolton's [2]) gelehrt haben, besitzt dieselbe die Fähigkeit, Natronsalpeter zu zersetzen, daraus Salpetersäure frei zu machen und von derselben unter Bildung von Oxalsäure, Kohlensäure und Stickoxyd zersetzt zu werden. Eine solche Mischung von Zitronensäure und Salpeter wirkt auf viele Mineralien sehr stark ein; dasselbe thun Mischungen von Zitronensäure mit Jodkalium oder Fluorammonium durch die freiwerdende Jod- oder Fluorwasserstoffsäure. Von den in Gesteinen häufiger vorkommenden Mineralien erleiden die nachstehend verzeichneten die beigesetzten Veränderungen:

1. Bei gewöhnlicher Temperatur werden Kalkspath und Aragonit ganz, Dolomit theilweise unter CO_2-Entwickelung, Nephelin unter Abscheidung von SiO_2 vollständig von einer gesättigten Zitronensäurelösung zersetzt.

---

[1]) Wenn es sich bei der Untersuchung kleiner isolirter Mengen nur um Unterscheidung von Rutil und Zirkon handelt, so kann man auch den Nachweis der Kieselsäure als Reaktion auf Zirkon verwenden. Nach L. van Werveke genügt es, ein winziges Körnchen mit Soda am Platindraht zusammenzuschmelzen; die Perle giebt dann, mit Flusssäure auf einem mit Kanadabalsam überzogenen Objektträger behandelt, die charakteristischen Kieselfluornatriumsalze.

[2]) Min. Mag. 1881. IV. S. 181—188.

2. Beim Erwärmen werden Gyps und Apatit schwach angegriffen, Serpentin unter Abscheidung von SiO_2 von derselben Säure zersetzt.
3. Beim Erwärmen mit Citronensäure unter Zusatz von Jodkalium werden *Magnetit, Enstatit, Augit, *Hornblende, *Aktinolith, Olivin, Almandin, Pyrop und Epidot, die mit * bezeichneten aber nur schwach, zersetzt.

Das angegebene Verhalten zeigt zugleich, in welchen Fällen diese Methode zur Trennung von Mineralgemengen mit Vortheil angewendet werden kann. Quarz, die Mineralien der Feldspath- und Glimmergruppe, Graphit, Zirkon, Rutil, Turmalin, Leucit, Andalusit, Cyanit, Titanit werden von den genannten Reagentien nicht angegriffen.

e) Allgemeine Flammenreaktionen.

Die Prüfung der Flammenfärbung erfolgt in der Weise, dass man die zu prüfende Substanz in den Mantel der Flamme eines Bunsen'schen Brenners oder in die blaue mit dem Löthrohre erzeugte Oxydationsflamme einführt. Enthält die Substanz einen die Flamme färbenden Bestandtheil, so wandelt sich die blaue Farbe derselben entsprechend um. Zu diesem Versuche nimmt man ebenso wie zur Prüfung der Schmelzbarkeit scharfkantige dünne Splitter in die Pinzette, oder bei pulverigen Substanzen in die Oese eines Platindrahtes, den man vorher in destillirtes Wasser getaucht hat. Vielfach genügt es auch, die Oese des rothglühenden Platindrahtes in das Pulver zu stecken, da von demselben genug haften bleibt. Man beachte die Regel, möglichst wenig Substanz für diese Untersuchung zu verwenden, da ein gehörig durchgeglühtes kleines Stück schärfere Färbungsreaktionen zeigt, als ein grosses. Metalle, Legirungen, Schwefelmetalle und leicht reduzirbare Metalloxyde dürfen nicht am Platindrahte geprüft werden, da sie denselben zerstören. Man legt sie vielmehr in ein flaches Grübchen auf Kohle, bläst die Flamme darauf und sieht bei Anwesenheit färbender Substanzen die Probe von einem mehr oder weniger intensiv gefärbten Scheine umgeben.

Manche Substanzen zeigen erst bei länger fortgesetztem Blasen eine Färbung der Flamme, andere erst nach der Befeuchtung mit Schwefelsäure oder Salzsäure. Auch Beschläge (s. u.), die sich auf der Kohle gebildet haben, können weiter auf ihre färbenden Eigen-

schaften untersucht werden, wozu man am besten keine allzu starke Flamme verwendet.

Alle Untersuchungen auf Flammenfärbung werden entweder in einem verdunkelten Raume ausgeführt oder doch wenigstens so, dass der Arbeitende die Einwirkung des Tageslichtes durch Beschattung der Flamme vermindert. Grösste Sauberkeit und Ruhe sind bei der Untersuchung von Flammenreaktionen durchaus erforderlich, da sonst gar zu leicht intensiv färbende fremde Substanzen zu einem falschen Urtheile verführen können. Besonders gefährlich wegen seiner starken, alles andere verdeckenden Gelbfärbung ist das Natrium, dessen allgemeine Verbreitung ein leichter Schlag auf den Tisch durch das augenblicklich erfolgende gelbe Aufleuchten der Flamme lehrt. Deshalb muss jede Erschütterung des Arbeitstisches während der Untersuchung vermieden werden; die benützte Platinunterlage muss vorher so lange, eventuell nach Befeuchten mit Salzsäure, geglüht werden, bis sie die Flamme nicht mehr färbt.

Die zur Untersuchung benützte, durch das Löthrohr erzeugte Oxydationsflamme besteht aus einem intensiv blaugefärbten spitzen Kegel (Kernflamme), einem weniger leuchtenden Saum (Saumflamme) um denselben und einer matt violetten äussersten Hülle. Die Untersuchung findet entweder an der Spitze der Kernflamme oder in der Saumflamme Statt.

Bringt man die Probe unmittelbar vor die Spitze der Kernflamme, so entsteht bei Gegenwart flammenfärbender Bestandtheile vor der eigentlichen Löthrohrflamme ein mehr oder weniger leuchtender Flammenkegel, dessen Länge und Breite von der Flüchtigkeit des verdampfenden Stoffes abhängig ist.

Bei der Saumflamme befindet sich der Reaktionsraum am äusseren Rande der Flamme, ungefähr 3 mm hinter der Spitze der Kernflamme. Die Saumflamme besteht aus einer äusseren, deren wirksamer Theil auf der Grenze der Saumflamme gegen die matt violette Hülle liegt, und einer inneren, dem Flammentheil nahe dem Rande der blauen Kernflamme.

Die Saumflamme giebt bei Gegenwart mehrerer färbender Bestandtheile stets die sichersten Resultate. Die Färbung erscheint in Form eines schmalen Streifens und zwar zeigt der äussere Saum die Farbe des flüchtigeren, der innere die des weniger flüchtigen Bestandtheiles. Ist der erstere nur in geringer Menge vorhanden, so ertheilt er der Saumflamme seine charakteristische Färbung nur in dem Momente, in welchem die Spitze der Probe den äusseren

Saum der Flamme berührt, d. h. so lange, als die Hitze zur Verdampfung des schwerer flüchtigen noch nicht ausreicht. Um die Reaktion wiederholt hervorzurufen, muss man den Flammensaum immer auf's Neue mit der Spitze der Probe berühren.

Folgende Farben werden durch verschiedene Stoffe in der äusseren blauen Flamme erzeugt:

1. Gelb. Alle Natronsalze ertheilen der Flamme eine intensiv gelbe, andauernde Färbung. Die durch Beimischungen erzeugten anderen Färbungen werden vom Natriumgelb vollkommen verdeckt und kommen nur in der äusseren Saumflamme zur Geltung.

2. Violett. Die meisten Kalisalze ertheilen der Flamme eine violette Färbung. Ist Natrium in einigen Prozenten anwesend, so verdeckt es dieselbe durch Gelb. Man betrachtet, um in solchem Falle die Kalifärbung zu erkennen, die Flamme durch ein mit Kobaltoxydul tiefblau gefärbtes Glas, wobei die gelbe Natriumfarbe verschwindet und nur die violette Kaliumfärbung sichtbar bleibt.

3. Roth. Eine Rothfärbung wird der Flamme durch Lithium, Strontium und Calcium ertheilt.

   a) Lithion. Die Spitzflamme wird intensiv karminroth gefärbt. Bei Gegenwart von Natrium beschränkt sich die Färbung auf den äusseren Theil der Saumflamme.
   b) Strontiumsalze geben nach einigem Glühen eine meist intensive, bleibende, purpurrothe Färbung, während die des Lithium zwar augenblicklich eintritt aber schnell wieder verschwindet.
   c) Kalksalze liefern eine intensiv gelbrothe, dauernde Flammenfärbung, aber meist erst nach längerem Glühen. Die Gegenwart von Baryt ändert die Reaktion (s. unten).

4. Grün. Grüne Färbung wird der äusseren Flamme durch Kupfer, Baryum, Phosphorsäure und Borsäure ertheilt.

   a) Kupferoxyd erzeugt für sich und in Verbindung mit einigen Säuren, aber nicht mit Chlor und Brom eine smaragdgrüne Färbung der Flamme, die selbst da hervortritt, wo das Kupfer nur einen unwesentlichen Bestandtheil ausmacht.

b) Barytsalze ertheilen der Flamme eine intensiv gelbgrüne andauernde Färbung, die durch Anwendung von Salzsäure noch gesteigert wird. In einem Gemenge von Baryt und Kalk erscheint in der Spitzflamme zuerst die grüne Baryumfärbung und erst später die gelbrothe Kalkfärbung.

c) Borsäure ertheilt, im Oehr eines Platindrahtes in der Spitze der blauen Flamme geschmolzen, der äusseren Flamme eine gelblichgrüne Färbung.

d) Phosphorsäure. Phosphorsaure Salze bringen theils für sich allein, theils nach Befeuchten mit Schwefelsäure eine blaugrüne Färbung der äusseren Flamme hervor. Zur Entdeckung geringer Mengen von Phosphorsäure in Mineralien pulverisirt man dieselben, rührt das Pulver mit Schwefelsäure zu einem Teige, streicht denselben in das Oehr eines Platindrahtes und erhitzt mit der Spitze der blauen Flamme. Die Färbung tritt augenblicklich auf und verschwindet nach kurzer Zeit wieder.

5. Blau. Chlor und Brom in Verbindung mit Kupfer ertheilen der Flamme eine intensiv leuchtende, azurblaue Färbung. Man macht von dieser Reaktion Gebrauch zur Bestimmung von Chlor und Brom, indem man die fragliche Substanz mit einer stark übersättigten Kupferoxydboraxperle zusammenschmilzt. War die Substanz chlor- oder bromhaltig, so tritt vorübergehend die Blaufärbung auf, um nach einiger Zeit durch die grüne Farbe des gebildeten Kupferoxyds ersetzt zu werden.

Für die Unterscheidung der Feldspäthe hat Szabó eine besondere auf die verschiedenen Flammenreaktionen begründete Methode in der eingehendsten Weise ausgearbeitet, die in einem besonderen Werke dargestellt ist, auf welches hier verwiesen werden muss.

J. Szabó, Ueber eine neue Methode, die Feldspathe auch in Gesteinen zu bestimmen. Budapest 1876.

f) Bestimmung der Schmelzbarkeit.

F. v. Kobell, Tafeln zur Bestimmung von Mineralien. 12. Aufl. von K. Oebbeke. München 1884.

C. Doelter, Die Vulkane der Kapverden und ihre Produkte. Graz 1882. 69.

J. Joly, On the determination of the melting points of minerals. Part I. The uses of the meldometer. P. R. I. A. 1891. (3) II. 38—64; B. Ass. R. Bath. 1888. 564—565; Z. X. 1893. XXII. 300—301.

Vergl. ausserdem das oben angeführte Werk von Szabó S. 7—21 und Kapitel 63.

g) Prüfung des Gesteinspulvers auf Nephelin durch Zersetzen mit Salzsäure und Aufsuchen von Chlornatriumwürfelchen.

Man überzeugt sich vorher, dass in dem betreffenden Gesteine keine anderen, durch Salzsäure leicht zerstörbaren natriumreichen Silikate (z. B. Hauyn oder sehr basische Plagioklase) vorhanden sind. Dann behandelt man das Gesteinspulver in der Kälte mit Salzsäure, oxydirt mit einem Tropfen Salpetersäure, fügt gleichzeitig Ammoniak und kohlensaures Ammoniak dazu, dampft das Filtrat zur Trockne, verjagt durch Erhitzen die Ammoniaksalze und lässt die filtrirte und konzentrirte Lösung langsam verdunsten[1]) auf einem Objektträger, den man dann unter dem Mikroskope auf Chlornatriumwürfel prüft.

h) Unterscheidung von Graphit und anderen Kohlenstoffen.

Behandelt man grob gepulverten Graphit mit rother rauchender Salpetersäure und glüht ihn unmittelbar darauf, so bläht er sich auf und liefert eigenthümlich wurmförmige Formen, die aus dicht neben einander liegenden, in steilem Zickzack verlaufenden regelmässigen Querfalten zusammengesetzt sind. Diese äusserst charakteristische Reaktion kann man auch zur Erkennung des Graphits im Dünnschliffe oder im Pulver unter dem Mikroskope benützen. Uebrigens besitzt nur eine Gruppe natürlicher Graphite diese Eigenschaft. Näheres darüber, sowie über die Ausführung der Untersuchung siehe bei Luzi, Beiträge zur Kenntniss des Graphitkohlenstoffes. Zeitschr. f. Naturwiss. 1892. 64. S. 224—269.

i) Untersuchung von Löthrohrbeschlägen.

Will man die Beschläge weiter untersuchen, so bläst man dieselben nach einem von V. Goldschmidt[2]) angegebenen Verfahren

[1]) Cohen, Zusammenstellung petrogr. Untersuchungsmethoden. S. 24.

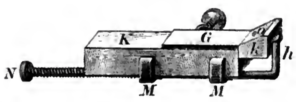
[2]) Goldschmidt, V., Löthrohrbeschläge auf Glas. Zeitschr. f. Krystallogr. u. Mineral. 1893. XXI. S. 329.

auf Glasplättchen. Man bedient sich dazu des in Figur 210 abgebildeten kleinen Apparates, der bei dem Mechaniker P. Stoë in Heidelberg (Jubiläumsplatz 70) zum Preise von 4,50 M. unter dem Namen Kohlenhalter käuflich zu haben ist. Eben derselbe liefert auch die erforderlichen langen und kurzen Kohlen sowie die Glasplättchen.

Goldschmidt beschreibt den Apparat und seine Anwendung wie folgt:

Ein prismatisches Stück Holzkohle *K* wird in dem Halter zwischen die Backen *M M* mit der Schraube festgeklemmt. Dagegen wird ein kurzes Stück Holzkohle *k* mit dem Haken *h* an-

Fig. 210.



gepresst. *h* wird durch eine Feder angezogen und durch Drücken auf den Knopf *N* gelöst. *k* hat eine schiefe Fläche, die man durch Reiben auf Schmirgel- oder Glaspapier anschleift. In die schiefe Fläche macht man eine kleine Vertiefung *v* zum Einlegen der Probe.

Auf *k* legt man ein Glasplättchen *G*, z. B. einen Objektträger (eventuell ein grösseres Deckgläschen oder ein Glimmerstück), bringt die Probe in die Vertiefung *v* und bläst eine Flamme darauf. Es legen sich sublimirte Theile als Beschlag auf das Glas. Alle Beschläge, die man sonst auf Kohle macht, lassen sich so auf Glas herstellen. Um das Springen des Glases zu verhüten, erwärmt man es über der Spiritusflamme, bis das sich aus der Flamme anlegende Wasser wieder verschwunden ist. Nach dem Gebrauch reinigt man das Kohlenstückchen *k* durch Reiben auf Schmirgelpapier, das Glas durch Abwaschen. Zum Blasen der Beschläge ist eine Spirituslampe der Oellampe häufig vorzuziehen, da sie nicht russt.

Die Methode hat den Vortheil, dass sich dunkle Beschläge auf weissem Hintergrund ebenso gut abheben, wie helle auf schwarzem. So kann man durch Wahl des Hintergrundes die Farben besser wahrnehmen. Der Hauptvorzug ist jedoch, dass die Glasbeschläge sich weiter untersuchen lassen.

Untersuchung der Beschläge. Viele Beschläge unterscheiden sich nicht durch den Anblick nach Farbe oder sonstigen Eigenthümlichkeiten. So besonders die weissen. Sie lassen sich aber auf dem Glas mannigfach weiter untersuchen. Die wichtigsten Arten der Untersuchung dürften folgende sein:

1. Ansehen unter dem Mikroskop;
2. Prüfen auf Flüchtigkeit, Schmelzbarkeit;
3. Umkrystallisiren durch Sublimation;
4. Prüfung auf Löslichkeit in Wasser, Säuren, Alkalien, Krystallisiren beim Eintrocknen dieser Lösungen;
5. Prüfen mit Reagentien. Makro- und mikrochemisch.

So wäre nach Streng's Angabe zur Bestimmung des Zinks das Verfahren folgendes: Der weisse Zinkbeschlag auf Glas wird in Essigsäure gelöst. Nach Zusatz von sehr wenig essigsaurem Uranylnatrium löst man dieses auf und fügt in der Mitte des Tropfens etwas festes reinstes Uranylacetat zu und lässt langsam verdunsten. Bei Anwesenheit von Zink entstehen rings um das Uranylacetat die rhomboëdrischen Krystalle von

$$NaC_2H_3O_2 . UO_2 . C_4H_6O_3 + ZnC_4H_6O_4 . 2UO_2 . C_4H_6O_4 + 9H_2O,$$

welche in Kapitel 66 beschrieben und abgebildet sind. Cadmium giebt einen rothbraunen bis orangegelben Beschlag und mit den Uranylsalzen dieselben rhomboëdrischen Krystalle, wie Zink.

Zum Erhitzen der Gläser sowie zur Sublimation eignet sich eine Doppelzange (Fig. 211). Durch das seitliche Fassen sowie

Fig. 211.



das Nachgeben der Zangenarme ist ein freies Ausdehnen des Glases ermöglicht und dadurch das Springen verhindert.

Kapitel 66.

Mikrochemische Untersuchungsmethoden.

Benützte Literatur: C. Klément et A. Renard, Réactions microchimiques à cristaux et leur application en analyse qualitative. 8°. Bruxelles 1886.

E. Bořický, Elemente einer neuen chemisch-mikroskopischen Mineral-

und Gesteinsanalyse. Archiv der naturwissenschaftlichen Landesdurchforschung von Böhmen. III. 5. 8°. Prag 1877.

K. Haushofer, Mikroskopische Reaktionen. 8°. Braunschweig 1885.

Fuchs-Streng, Anleitung zum Bestimmen der Mineralien. 8°. Giessen 1890.

H. Behrens, A manual of microchemical analysis. 8°. London 1894. — Anleitung zur mikrochemischen Analyse. 8°. Hamburg und Leipzig 1895

Die Vorzüge der mikrochemischen Mineraluntersuchung bestehen in der ausserordentlich geringen Menge des erforderlichen Materials und in der Kürze der zu einer qualitativen Untersuchung nöthigen Zeit. Für die Mehrzahl der Reaktionen genügt die Anwesenheit des 100. Theiles eines Milligrammes des Stoffes, auf den geprüft wird, für einige Elemente sogar schon der 100,000. Theil eines solchen und noch weniger. Um die vielen Nullen zu vermeiden, hat Behrens den 1000. Theil eines Milligramms als Einheit genommen und als $\mu g = 0{,}001$ mg bezeichnet. In den meisten Fällen liegt also die untere Grenze für die erforderliche Grösse einer Probe in der Wahrnehmbarkeit derselben und in der Möglichkeit, mit derselben zu operiren. Was die Zeitdauer einer Untersuchung betrifft, so giebt Behrens an, dass die Prüfung einer Lösung, welche die Elemente Ca, Mg, Zn, Mn, Co, Ni enthielt, in 40 Minuten, die einer anderen, die Ag, Hg, Pb, Bi, Sn, Sb, As enthielt, in einer Stunde vollendet wurde.

1. Die Geräthschaften.

Zur mikrochemischen Mineralanalyse sind folgende Hülfsmittel erforderlich:

1. Ein Mikroskop. Jedes Instrument, welches 40- oder 50- bis 300fache Vergrösserung gestattet, genügt, doch sind diejenigen vorzuziehen, die gleichzeitig mit Polarisationsapparat und Vorrichtungen zum Winkelmessen versehen sind. Sehr wünschenswerth ist ein Instrument mit langer Brennweite, bei welchem also die unterste Linse möglichst weit vom Objekte entfernt ist; dadurch wird das Auslesen und das Hinzufügen von Reagentien wesentlich erleichtert und die unterste Linse den Einwirkungen scharfer Säuren weniger ausgesetzt. Es ist ferner zweckmässig, dass im Gegensatze zu petrographischen Mikroskopen die Objektive schwach und die Okulare stark sind, weil man dadurch ein grösseres und lichtstärkeres Gesichtsfeld erhält. Es ist gut, wenn eines der Okulare

mit einer Mikrometerskala versehen ist. Um die unterste Linse vor schädlichen Einwirkungen von Säuren zu schützen, ist folgendes zu beachten: der grosse Fokalabstand macht nur bei Anwendung von Flusssäure, Kieselflusssäure und Fluorammonium besondere Vorsichtsmassregeln nothwendig. In allen anderen Fällen genügt ein häufiges Abwischen des Objektivs mit reinem Fliesspapier, um dasselbe jahrelang in brauchbarem Zustande zu erhalten [1]). In den genannten Fällen sichert man die Linse in der Weise, dass man mit Hülfe eines Tropfens Wasser oder Glyzerin ein kleines rundes Deckgläschen unmittelbar an derselben befestigt, oder indem man sich aus einem Deckgläschen, an welches man an den vier Ecken kleine aus Kork geschnitzte Füsse anklebt, ein durchsichtiges Tischchen herstellt, welches man über die zu prüfende Flüssigkeit auf den Objektträger unter das Mikroskop stellt. Bei Anwendung von Flusssäure bestreicht man vorher das Gläschen mit einer sehr verdünnten Lösung von Kanadabalsam in Aether. Salz- und Salpetersäure schaden bei Anwendung in Verdünnung der Linse nicht; die Benützung konzentrirter Säure erfordert die gleichen Vorkehrungen, wie die Flusssäure. Selbstverständlich muss nach jedesmaligem Gebrauche das Mikroskop sorgfältig gereinigt werden. — Geeignete Mikroskope mit allen genannten Vorrichtungen sind in den bekannten grösseren Handlungen zum Preise von etwa 150 Mark erhältlich.

2. Objektträger. Sie dienen sowohl als Träger des zu untersuchenden, fertigen Präparates, wie zur Herstellung desselben durch Aufschliessung und Verdampfung. Man wendet am besten das gewöhnliche Format von 78 × 26 mm an und halbirt dasselbe auf 39 × 26 mm, wenn es sich darum handelt, mit Hülfe des drehbaren Tischchens Winkel zu messen. Wenn man die vier Kanten rund schmilzt und gleichmässig umbiegt, kann man sie auch an Stelle der beim Mikroskop beschriebenen Schutztischchen bei Sublimationen und Aufschliessungen mit starken Säuren benützen, sowie zum Schutz der Präparate vor Staub und zur Verlangsamung der Verdunstung. Benützt man zur Aufschliessung solche Säuren, die dem Glase Bestandtheile entziehen (Salzsäure und fluorhaltige Säuren), so muss der Objektträger vorher mit einer Schicht von schützendem Kanadabalsam überzogen werden. Zu diesem Zwecke bringt man auf das Glas einige Tropfen Kanadabalsam und erwärmt denselben

[1]) Natürlich müssen Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium dem Mikroskopirraume unter allen Umständen fern bleiben.

über einer Flamme so weit, dass die sich bildenden Bläschen verschwinden und der Balsam nach dem Erkalten eine feste Harzkonsistenz annimmt. Zugleich wendet man, während der Balsam noch flüssig ist, das Objektglas so, dass die erhärtende Balsamschicht sich möglichst dünn und gleichmässig ausbreitet. Zu starkes Erhitzen erzeugt leicht eine unangenehme gelbe Farbe und zu langes Erhitzen veranlasst leicht Sprünge im Kanadabalsam. Man vermeidet diese Uebelstände und erhält zugleich glattere Ueberzüge, wenn man sich einer Lösung von erhärtetem Kanadabalsam in Schwefelkohlenstoff bedient. Zu diesem Zwecke erhitzt man den Balsam in einer flachen Schale so lange, bis ein in Wasser gekühltes Stück die geeignete Härte besitzt und löst denselben alsdann in so viel Schwefelkohlenstoff auf, dass die Lösung etwa die Konsistenz von Olivenöl besitzt. Schwefelkohlenstoff ist dem von Streng empfohlenen Aether vorzuziehen, da dieser leicht Wasser annimmt und der Ueberzug auf dem Glase dadurch getrübt wird. Von dem mit dieser Lösung überzogenen Objektträger verdunstet der Schwefelkohlenstoff bei warmem Wetter von selbst, bei kaltem nach schwachem Erwärmen in etwa 10 Minuten, und der Objektträger ist zum Gebrauche fertig. Derartige Gläser widerstehen verdünnten Säuren geraume Zeit. Nach dem Gebrauche werden sie in kaltem Wasser abgewaschen und mit weicher Leinwand getrocknet.

3. Ein Platinlöffelchen von 9—15 mm Durchmesser dient zum Aufschliessen mit kohlensauren Alkalien oder schwefelsaurem Kali oder zum Erhitzen mit Flusssäure.

4. Demselben Zwecke kann ein kleines viereckiges Platinblech dienen.

5. Ganz kleine Proben werden wie bei der Löthrohranalyse in der Schlinge eines Platindrahtes mit kohlensauren Alkalien aufgeschlossen.

6. Ein kurzer, mit einem Ende in einen Glasstab eingeschmolzener Platindraht dient zum Umrühren bei Aufschliessungen.

7. Eine Pinzette, wenn möglich mit Platinspitzen.

8. Ein ganz dünnes Platinblech mit einer winzigen, konischen Durchbohrung in der Mitte. Dasselbe dient zur Isolirung und Aufschliessung von Mineralien in Dünnschliffen. Zu diesem Zwecke entfernt man zunächst das Deckgläschen und den leicht schmelzbaren Kanadabalsam von dem Schliffe, bedeckt diesen mit ausgekochtem, schwerer schmelzbaren, lässt ihn hart werden und stellt

dann unter dem Mikroskop bei schwacher Vergrösserung das zu untersuchende Mineral in die Mitte des Gesichtsfeldes ein. Darauf schiebt man das durchbohrte, sorgfältig gereinigte dünne Platinblech so unter das Mikroskop, dass die trichterförmige Oeffnung sich oben befindet und genau über dem zu untersuchenden Mineral liegt. Hierauf legt man den Dünnschliff vorsichtig so lange auf das Wasserbad, bis der nun schmelzende Kanadabalsam aus der Oeffnung des Platinbleches hervorquillt. Sollte er zu schwer zu schmelzen sein, so legt man das Präparat auf einen Asbestfilz, den man mit einer kleinen Flamme schwach erhitzt, bis der angegebene Zweck erreicht ist. Darauf lässt man erkalten und wäscht den die Oeffnung füllenden Kanadabalsam mit einem in Alkohol getauchten Haarpinsel sorgfältig aus, indem man von Zeit zu Zeit mit reinem Löschpapier den Alkohol von dem Deckgläschen wegnimmt und theils unter der Lupe, theils unter dem Mikroskop beobachtet, ob das zu untersuchende Mineral frei liegt oder nicht. Ist ersteres der Fall, dann ist es nach den Seiten von Kanadabalsam umschlossen, und ein auf die Oeffnung des Platinbleches gebrachter Tropfen eines Lösungsmittels kann jetzt nur noch auf das zu untersuchende Mineral einwirken.

9. Bedient man sich eines Lösungsmittels, durch welches Glas nicht angegriffen wird, so kann man an Stelle des Platinblechs auch ein mit einer feinen Oeffnung versehenes Deckgläschen benützen. Zur Anfertigung einer solchen Oeffnung von $^1/_4$—$^3/_4$ mm Durchmesser verfährt man folgendermassen: gewöhnliche Deckgläschen von 18 mm Seitenlänge taucht man in geschmolzenes Wachs, nimmt sie wieder heraus, macht nach dem Erkalten mit einer Nadelspitze eine Oeffnung von der gewünschten Grösse in das Wachs der einen Seite, und bedeckt dieselbe mit einem Tropfen Flusssäure, den man so lange erneuert, bis das Gläschen durchgefressen ist. Nach der Beseitigung des Wachses findet man auf der oberen Seite des Gläschens eine trichterförmige Vertiefung, die in einem mehr oder weniger feinen Loche endigt, dessen Durchmesser man mit Hülfe der Spitze einer Stopfnadel erweitern kann.

10. Zur Entnahme grösserer Tropfen aus einer Flüssigkeit dienen dünne, unten zugespitzte Glasstäbe.

11. An ihrer Stelle verwendet man zur Entnahme von Flusssäure einen Guttaperchastab.

12. Mit Hülfe eines am einen Ende zum Häkchen umgebogenen, am anderen in einen Glasstab eingeschmolzenen dünnen Platin-

drahtes kann man sehr kleine Tröpfchen erhalten. Zieht man das eingetauchte Häkchen rasch aus der Flüssigkeit, so erhält man ein grösseres, zieht man es langsam heraus, ein kleineres Tröpfchen. Draht und Häkchen müssen vor und nach jedem Gebrauch in reines Wasser getaucht werden.

13. Zur Aufsaugung und Vertheilung kleiner Flüssigkeitsmengen dienen kleine Pipetten mit feiner Spitze. Man fertigt sich dieselben am besten in der Weise an, dass man sich eine grosse Anzahl von Glasröhren zu Kapillaren auszieht, und wirft dieselben nach dem Gebrauche, falls sie mit etwas anderem, als reinem destillirtem Wasser in Berührung gekommen sind, einfach fort, da ihre Herstellung einfacher ist als die niemals ganz zuverlässige Reinigung.

14. Ein kleiner Achatmörser.

15. Ein Wasserbad. Eine Porzellanschale, in welcher Wasser zum Kochen gebracht wird, bedeckt man mit einer Glasplatte, die zum Entweichen des Wasserdampfes einen kleinen Ausschnitt besitzt, und stellt darauf ein kleines umgekehrtes Pappschächtelchen. Soll die Flüssigkeit auf einem Objektträger bis nahe zum Siedepunkte erhitzt werden, so legt man ihn direkt auf die Glasscheibe, ist nur gelinde Erwärmung nöthig, auf das Pappkästchen.

16. Der Brenner, welcher die zur direkten Erwärmung erforderliche Flamme liefert, muss so konstruirt sein, dass er die Erzeugung einer Flamme von 5 mm Länge zulässt, da eine Flamme von 1 cm Länge für die Konzentration eines kleinen Flüssigkeitstropfens zu gross ist. Gewöhnlich genügt ein Bunsen'scher Brenner, von dem man die Röhre, in welcher Gas und Luft sich mischen, abgeschraubt hat. Ist kein Gas zur Hand, so ist eine Oelflamme der viel zu grossen Alkoholflamme vorzuziehen.

17. Für Filtrationszwecke sind kleine Trichter mit Fliesspapierfiltern, zum Theil unter Anwendung verdünnter, saugender Luft empfohlen. Sie werden übertroffen durch eine von Beudant vorgeschlagene, von Streng erweiterte Methode: man schneidet ein etwa 5 cm breites und langes Mineralienkästchen so zu, dass seine Höhe auf der einen Seite etwa 10 mm, auf der entgegengesetzten aber deren 12 beträgt; die beiden andern, einander gegenüberliegenden Seiten sind schief abgeschnitten, so dass, wenn man das Kästchen umgekehrt auf den Tisch stellt, seine nach oben gerichtete Bodenfläche mit der Tischfläche einen kleinen Winkel bildet. Auf diese schwach geneigte Fläche legt man den Objektträger mit der

zu filtrirenden Flüssigkeit so, dass ein 2 mm breites, etwa 25 mm langes, unten zugespitztes Streifchen angefeuchteten Filtrirpapiers mit der oberen, abgestumpften Seite die Flüssigkeit berührt, während das zugespitzte Ende die Mitte eines am Fusse des Gestellchens befindlichen Objektträgers berührt. Durch Kapillarattraktion wird nun die Lösung auf den unten liegenden Objektträger geführt, während oben die feste Substanz zurückbleibt. Durch allmählichen Zusatz einzelner Wassertropfen kann sie ausgewaschen werden. Hierbei legt man das untere Ende des Filterstreifens auf ein zusammengefaltetes Stück Löschpapier, welches das Waschwasser aufsaugt.

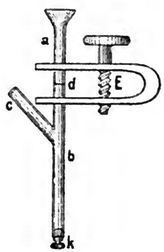
Bei dieser Art des Filtrirens kommt es oft vor, dass die unlösliche zu filtrirende Substanz am Papierstreifen entlang sich bewegt und das Filtrat verunreinigt. Um dies zu vermeiden, schneidet man ein gegabeltes Filterstreifchen etwa in der Form eines Y, legt die beiden oberen Arme auf den Objektträger, auf dem sich die zu filtrirende Flüssigkeit befindet, so auf, dass die untere Spitze des einspringenden Winkels noch etwas oberhalb des unteren Randes des Objektträgers liegt, bedeckt den Raum unterhalb jener Spitze mit einem etwa 4 mm breiten Glasstreifchen, welches den Zweck hat, das Filter fest an den Objektträger zu drücken, schneidet den dritten Arm des Filters spitz zu, legt diese Spitze auf den unten liegenden Objektträger, welcher das Filtrat aufnehmen soll und leitet nun die zu filtrirende Flüssigkeit in den einspringenden Winkel des Filterchens, wodurch die Filtration in Gang gesetzt wird.

Mitunter ist es nöthig, das Filtrat auf einem möglichst kleinen Raume eines Objektträgers zu vereinigen. In diesem Falle macht man den Filterstreifen möglichst kurz und spitz, legt den Objektträger, welcher das Filtrat aufnehmen soll, auf die Glasplatte des Wasserbades, lässt von der Spitze des Filterstreifchens ein sehr kleines Tröpfchen auf den Objektträger gleiten, verdampft dieses, lässt auf die getrocknete kleine Kreisfläche ein zweites Tröpfchen des Filtrats herabfliessen, verdampft wieder und wiederholt dies so lange, bis die ganze zu filtrirende Lösung auf dem kleinen Raum vereinigt ist (konzentrirende Filtration).

In vielen Fällen wird der in Nachstehendem beschriebene und abgebildete Filterapparat nach Haushofer gute Dienste leisten. Derselbe besteht aus zwei Glasröhren *a* und *b* von gleichem Kaliber. — 4 mm lichter Weite bei mindestens 1 mm Wandstärke —, welche an den gegen einander gekehrten Enden glatt abgeschliffen und in

einer federnden Holz- oder Metallklammer *E* mit Klemmschraube so befestigt sind, dass sie mit den abgeschliffenen Enden genau gegen einander gepresst werden können. Die Klammer kann zweckmässig mit einem Stativ leicht lösbar verbunden sein. Die obere Glasröhre besitzt allenfalls eine trichterförmige Erweiterung zum Eingiessen der zu filtrirenden Flüssigkeit; die untere Glasröhre ist mit einem schief aufwärts gerichteten kommunizirenden Rohrstücke versehen, über welches ein Kautschukschlauch zum Saugen geschoben wird; am unteren Ende ist sie während der Filtration durch einen Kork oder einen eingeschliffenen Glasstöpsel *k* verschlossen. Soll filtrirt werden, so bringt man zwischen die abgeschliffenen Enden der beiden Glasröhren bei *d* ein doppeltes angefeuchtetes Scheibchen von schwedischem Filtrirpapier, welches den Rand der Glasröhren etwa um 1 mm überragt, presst vermittelst der Schraube die Enden der Röhren sanft, aber genügend an einander und saugt an dem an *c* befestigten Kautschukschlauch. Die Filtration (selbst eines frisch gefällten Niederschlages von Baryumsulfat) geht in kürzester Zeit klar und glatt von statten; leicht lässt sich damit ein ausreichendes Auswaschen verbinden. Nach Lösung der Klemmschraube und sanftem Oeffnen der Feder lässt sich das Scheibchen von Filtrirpapier mit Hülfe einer kleinen Zange abnehmen. Der Rückstand befindet sich in einem kleinen Kreise von 4 mm Durchmesser angesammelt und kann mit Hülfe einer feinstrahligen Spritzflasche ohne erheblichen Verlust von dem Papier getrennt werden.

Fig. 212.



Für grössere Flüssigkeitsmengen muss das untere Glasrohr natürlich eine grössere Länge erhalten, oder es muss durch eine kugelförmige Erweiterung desselben vorgesorgt werden. Letztere bedingt jedoch den Uebelstand, sich schwer reinigen zu lassen.

18. Löschpapier in handgrossen Stücken, zum Aufwischen von Flüssigkeiten, Reinigen der Gläser etc.

2. Die Reagentien.

Die wichtigsten Reagentien zur Nachweisung der in den Gesteinen am häufigsten auftretenden Bestandtheile, auf welche diese Zusammenstellung sich beschränken muss, sind:

1. Destillirtes Wasser. Wird in kleinen Tropfflaschen aufbewahrt und ist häufig zu erneuern, da es leicht Spuren von Alkalien und Kieselsäure aus dem Glase aufnimmt.

2. Schwefelsäure, Mischung von gleichen Theilen konzentrirter Säure und destillirten Wassers.

3. Salpetersäure, Mischung von gleichen Theilen destillirten Wassers und Salpetersäure vom spezifischen Gewicht 1,4.

4. Salzsäure. Die gewöhnliche reine Säure vom spezifischen Gewicht 1,12.

5. Flusssäure. Dieselbe ist in kleinen Ebonitröhren mit ebensolchem Stöpselverschlusse (bei R. Müncke, Berlin, Luisenstrasse 58 erhältlich) aufzubewahren.

6. Kieselfluorwasserstoffsäure. Wie 5.

7. Fluorammonium. Wie 5.

8. Oxalsäure.

9. Ammoniakflüssigkeit. Nicht in der Nähe von Salpeter- oder Salzsäure aufzubewahren.

10. Natriumbikarbonat.

11. Ammoniumkarbonat. Die Verflüchtigung wird durch Einfetten des Stöpsels mit Vaseline verhütet.

12. Cäsiumchlorid.

13. Chlornatrium.

14. Chlorammonium.

15. Kaliumferrocyanid.

16. Thalliumnitrat.

17. Uranylacetat.

18. Platinchlorid.

19. Lakmuspapier.

Das gesammte zur mikrochemischen Analyse erforderliche Material an Geräthschaften und Reagentien, mit Ausnahme des Mikroskopes lässt sich nach den Angaben von Behrens mit Leichtigkeit in einem kleinen Kofferchen von 8 × 10 × 15 cm Grösse unterbringen.

Bei der so ausserordentlichen Schärfe der mikroskopischen Reaktionen, die wohl nur durch gewisse spektroskopische übertroffen wird, ist die absolute Reinheit der Reagentien das wichtigste Erforderniss. Die unter 2—4 genannten Säuren müssen von Zeit zu Zeit auf Calcium, Kalium und Ammonium geprüft werden; man verdampft zu diesem Zwecke einige Tropfen auf Platinblech. Bleibt ein nennenswerther Rückstand, so ist die Säure nicht mehr zu ge-

brauchen. Bleibt ein flüchtiger Rückstand von Ammoniaksalzen, so ist der Stopfenverschluss des betreffenden Gefässes ungenügend. Auch die Flusssäure darf, wenn sie brauchbar sein soll, nicht den geringsten Rückstand beim Erhitzen auf Platinblech hinterlassen.

Die käufliche Kieselfluorwasserstoffsäure ist niemals hinreichend rein, schon desshalb nicht, weil sie in Glasgefässen aufbewahrt wird und aus denselben Alkalien und andere Stoffe auslöst. Sie muss daher durch Destillation gereinigt werden. Wenn man sie sich selbst herstellen will, so leite man das aus Fluorbaryum, Quarzpulver und Schwefelsäure in einer Bleiretorte erzeugte Fluorsilicium in eine mit Wasser gefüllte Platinschale, dekantire nach entsprechender Verdünnung auf eine 3—4 %ige Säure vom spezifischen Gewichte 1,025—1,03 in eine gut gereinigte Kautschukflasche, und hebe die für die Aufschliessungen erforderlichen kleinen Mengen mit einem Kautschukstabe heraus.

3. Die Aufschliessung.

Für die Vorbereitung der zu untersuchenden Körper, die Aufschliessung, giebt es verschiedene Wege. Für die gesteinsbildenden Silikate ist die einfachste Methode diejenige von Bořicky, da sie weder Gefässe noch Filtrationen erfordert und im Wesentlichen auf die Anwendung eines einzigen Reagens beschränkt ist. Sie beruht darauf, dass die Kieselfluorverbindungen der in den Gesteinen am weitesten verbreiteten ein- und zweiwerthigen Elemente (Kalium, Natrium, Lithium, Calcium, Strontium, Baryum, Magnesium, Eisen) entweder an sich schon hinreichend charakteristische Formen besitzen oder doch durch einfache weitere Behandlungsweisen leicht unterschieden werden können. Zur Untersuchung verwendet man am besten ein stecknadelkopf- bis hirsekorngrosses Körnchen des betreffenden Minerals. Die Aufschliessung erfolgt auf einem Objektträger, der vorher mit einer dünnen Schicht von Kanadabalsam überzogen wurde. Auf die Mitte des so vorbereiteten Objektglases legt man die zu untersuchende Probe, erwärmt gelinde, so dass das Körnchen am Balsam schwach anbäckt, und bedeckt nun dasselbe mit einem Tropfen Kieselfluorwasserstoffsäure.

Es ist durchaus nothwendig, dass die Säure chemisch rein ist. Hat man das Probestückchen so mit der Säure bedeckt, dass es von derselben allseitig benetzt wird, so bringt man das Objektglas, immer die horizontale Lage beibehaltend, an eine vor Staub voll-

kommen geschützte Stelle einer horizontalen Unterlage und bedeckt es mit einem Becherglase, unter welches man auch noch ein Schälchen mit konzentrirter Schwefelsäure bringen kann. Nun lässt man das Ganze ruhig stehen, bis der Tropfen durch freiwillige Verdunstung verschwunden ist, wozu an freier, trockener Luft wenige Stunden, unter dem Glase etwa 24 Stunden erforderlich sind. Falls die Aufschliessung der Probe noch unvollkommen ist, wiederholt man das Zugeben von Säure und lässt noch einmal verdunsten. Ist das Mineral, wie manche Glimmer, schwer aufschliessbar, so behandelt man es am besten vorher in einem Platinlöffelchen mit Flusssäure und giebt dann erst Kieselflusssäure hinzu, die man, wie angegeben, abdampfen lässt.

Das Präparat ist nun bereits zur mikroskopischen Untersuchung geeignet; indessen werden die Krystallformen der neu entstandenen Fluorsiliciumverbindungen viel vollkommener, wenn man sie erst noch einmal in Wasser aufnimmt und aus diesem durch langsame Verdunstung auskrystallisiren lässt. Zur mikroskopischen Untersuchung benutzt man am zweckmässigsten eine 200—400fache Vergrösserung.

Behrens schlägt folgende Aufschliessungen vor: 1. mit Wasser, 2. mit Salzsäure, 3. mit Flusssäure.

1. Die Untersuchung mit Wasser auf lösliche Bestandtheile wird nur in seltenen Fällen bei Gesteinen anzuwenden sein, wo die Gegenwart von löslichen Chloriden und Sulfaten möglich ist, also bei einigen Eruptivgesteinen. Die Auslaugung erfolgt durch Kochen des Gesteinspulvers mit destillirtem Wasser im Platinlöffel. Die konzentrirte Lösung wird in der später angegebenen Weise untersucht. Findet man nur Spuren der vermutheten Salze, so wiederholt man die Untersuchung ohne Anwendung von Gesteinspulver, um sich von der Reinheit der angewandten Reagentien zu überzeugen.

2. Vor dem Aufschliessen mit Salzsäure muss das Gestein im Achatmörser so fein gepulvert werden, dass das Mehl zwischen den Nägeln kein Gefühl von Rauhigkeit mehr erzeugt. Man bringt etwa 20 mg des Pulvers in einen Platinlöffel von 1 cm Durchmesser, giebt ganz reine Salzsäure vom spezifischen Gewichte 1,12 dazu, wozu man sich einer winzigen Pipette bedient, und zwar so viel, dass sie das Pulver bedeckt, lässt etwa $^1/_2$ Minute kochen, bis das Pulver eben anfängt, trocken zu werden, nimmt mit Wasser auf,

erwärmt nochmals, lässt 1 Minute absetzen und bringt dann die Lösung auf einen Objektträger. Ist sie trübe, so dampft man auf demselben zur Trockne ab, nimmt abermals mit Wasser auf, lässt die klare Lösung auf ein anderes Glas abfliessen, und dampft auf das ursprüngliche Volumen ein. — Will man mit Salzsäure auf einer Glasunterlage aufschliessen, so muss man dieselbe vorher darauf prüfen, ob sie keine Alkalien oder Kalkerde abgiebt, zu welchem Zwecke man einige Tropfen verdünnter Säure auf ihr eindampft, wieder auflöst und, wie unten angegeben, auf Kali, Natron und Kalkerde prüft. — Die Lösung des Salzsäureauszuges wird geprüft auf Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium und Aluminium.

3. Der Rückstand einer mehrmaligen Zersetzung mit Salzsäure wird einer fraktionirten Zersetzung mit Flusssäure unterworfen. Man nimmt entweder reine, in Ebonitgefässen aufzubewahrende Flusssäure oder Fluorammonium. Von letzterem giebt man etwa das halbe Volumen des zu untersuchenden Pulvers, lässt Salzsäure darüber fliessen und erwärmt gelinde. Die Aufschliessung erfolgt ebenso wie diejenige mit Flusssäure in einem kleinen Platingefässe. Der trockene Rückstand wird mit Schwefelsäure befeuchtet und so lange erwärmt, bis keine weissen Dämpfe mehr entweichen. Hat man Fluorammonium benützt, so muss bis zur beginnenden Rothgluth erwärmt werden, damit mit Sicherheit auch die letzte Spur derselben vertrieben wird. Da hierbei eine theilweise Zersetzung der gebildeten Sulfate von Eisen und Aluminium zu schwer löslichen basischen Salzen eintritt, so giebt man nochmals verdünnte Schwefelsäure zu und erwärmt so lange, bis die Dämpfe von Schwefelsäure verschwinden. Der Rückstand wird mit Salzsäure aufgenommen; die weitere Behandlung der gelösten Salze ist dieselbe wie bei dem Salzsäureaufschlusse.

4. Die Reaktionen.

Bei der Aufschliessung der Silikate mit Kieselfluorwasserstoffsäure sind die Alkalien und alkalischen Erden, sowie das Eisen in Kieselfluorsalze umgewandelt, die beim Verdunsten der Lösung auskrystallisiren und ohne Weiteres unter dem Mikroskop studirt werden können.

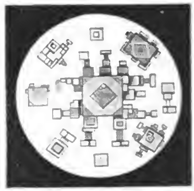
Die bei der Zersetzung entstehenden Verbindungen der oben genannten Metalle sind die folgenden:

1. Kieselfluorkalium. Scharfkantige, ebenflächige, bei 400facher Vergrösserung immer noch sehr kleine reguläre Kryställchen (Fig. 213). Die gewöhnlichste Form ist der Würfel, dessen Kryställchen bisweilen in zierlichen armleuchterartigen Gruppen (Fig. 214) vereinigt sind. Daneben treten auch Kombinationen des Würfels mit

Fig. 213.



Fig. 214.



dem Oktaeder und dem Rhombendodekaeder auf. Bei Ueberschuss von Kieselflusssäure und Verdunsten derselben bei niedriger Temperatur und Gegenwart von vorwiegendem Natron krystallisirt manchmal das Kieselfluorkalium in grösseren, anscheinend rhombischen Kryställchen von der Form $\infty \breve{P}n \,.\, m \breve{P} \infty$ aus.

2. Kieselfluornatrium. Kurze hexagonale Säulchen (Fig. 215 und 216, erstere mit einigen Krystallen des Kalisalzes), die entweder durch die basische Fläche OP oder viel häufiger durch eine stumpfe Pyramide P geschlossen sind, und deren vertikale Kanten

Fig. 215.

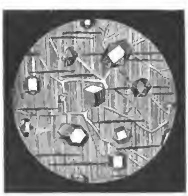
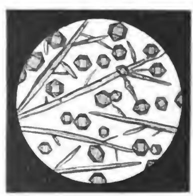


Fig. 216.



zuweilen durch die Deuteropyramide $\infty P2$ abgestumpft sind. Unvollkommen ausgebildete Kryställchen des Kieselfluornatriums haben fassähnliche, ovale oder walzenähnliche Formen.

Die Gegenwart einer grösseren Menge des Kieselfluorcalcium hat auf die Länge der hexagonalen Säulchen des Kieselfluornatriums einen merklichen Einfluss, indem dieselben sich dabei auffallend

verlängern (Fig. 217). Kieselfluornatrium ist in Wasser etwa 6 Mal löslicher als das entsprechende Kaliumsalz.

3. Kieselfluorlithium. Winzig kleine, scharfkantige, sechsseitige Pyramiden, die gewöhnlich den Anblick einer regelmässigen,

Fig. 217.



Fig. 218.



stumpfen, hexagonalen Pyramide bieten, zuweilen jedoch ein Flächenpaar so stark entwickelt zeigen, dass die übrigen Flächen kaum wahrzunehmen sind. In Wasser sehr leicht löslich.

4. Kieselfluorcalcium. Bildet eigenthümliche, lange, spiessige, dornenähnliche, ästige, am häufigsten spindelförmige, zuweilen auch tafelförmige Krystallgestalten, die oft in sternförmigen und anderen Gruppen vereinigt sind (Fig. 218). Ein charakteristisches

Fig. 219.

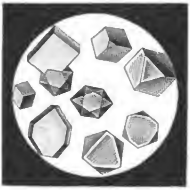


Fig. 220.



Merkmal dieser mannigfachen Krystallgebilde ist der Mangel an scharf geradlinigen Kanten und ebenen Flächen. Die Krystalle gehören zum monoklinen System und sind in Wasser leicht löslich.

5. Kieselfluorstrontium. Scharfkantige und ebenflächige Säulchen und Nadeln, die von dem künstlich und rein dargestellten entsprechenden Calciumsalze sich kaum unterscheiden.

6. Kieselfluorbaryum. Aeusserst winzige, schwer zu erkennende spitze Nädelchen.

7. Kieselfluormagnesium. Erscheint in Rhomboedern, deren Polecken durch die Basis abgestumpft zu sein pflegen oder in Kombinationen von R.∞P2; R.∞P2.0R und in anderen noch komplizirteren Gestalten (Fig. 219). Alle seine Krystallgestalten sind scharfkantig und ebenflächig. Häufig tritt das Magnesiumsalz in Rhomboedern auf, die nach einer Kante verzogen sind, sowie in zapfenförmigen, kreuzförmigen, federähnlichen und andern Gestalten (Fig 220), die zuweilen im ganzen Präparate eine und dieselbe regelmässige Anordnung besitzen und an jedem Ausläufer mit einem unvollkommen ausgebildeten Rhomboeder zu endigen pflegen.

8. Kieselfluoreisen und

9. Kieselfluormangan sind in ihren Krystallformen von dem Magnesiumsalze nicht zu unterscheiden. Da man für Mangan auch in den geringsten Mengen die so ausserordentlich scharfe Reaktion der Färbung der Sodaschmelze auf dem Platinbleche hat, so wird man höchstens das Magnesium- vom Eisen-Siliciumfluorid zu unterscheiden brauchen. Zu diesem Zwecke setzt man das Objektglas auf ein niedriges Gestell in einen Apparat, in welchem man aus einem Gemenge von Braunstein und Salzsäure Chlorgas entwickelt, und setzt die Salze 1½—2 Minuten der Einwirkung des Chlorgases aus. Dann hebt man das Objektglas heraus, trocknet es sorgfältig, bedeckt die Salze zum Schutze der Linsen am Mikroskop mit einem Deckgläschen und beobachtet nun unter dem Mikroskop die neu entstandenen Färbungen der Salze. Unter der Einwirkung des Chlorgases hat das Eisensalz, ohne seine Form im Wesentlichen zu ändern, eine zitronengelbe Farbe angenommen, während das Magnesiumsalz, gleichfalls ohne nennenswerthe Formveränderung, farblos geblieben ist. Das gleichfalls farblose oder schwach röthliche Mangansalz dagegen hat eine Umwandlung in kleine Täfelchen und Körnchen erlitten und erscheint wie zerflossen.

Eine andere Methode, diese drei Salze zu unterscheiden, beruht auf der Anwendung von Schwefelammonium. Wenn man die Salze an die Oeffnung einer mit gutem Schwefelammonium gefüllten Flasche hält, so färbt sich das Eisensalz ziemlich rasch schwarzgrau und erhält einen eigenthümlichen metallischen Bronzeschimmer, während das Mangansalz röthlich oder bräunlichweiss und das Magnesiumsalz graulichweiss erscheint.

Zwei andere ihrer Krystallgestalt nach schwer oder nicht unterscheidbare Salze sind das Kieselfluorcalcium und das Kieselfluorstrontium; zu ihrer Trennung bringt man einen Tropfen verdünnter,

chemisch reiner Schwefelsäure auf das fragliche Salz; die Kryställchen des Strontiumsalzes lösen sich darin nur sehr langsam in Körnchen und kurze Nädelchen auf, während das Calciumsalz schon nach wenigen Sekunden von einem dichten Barte farbloser, monokliner Gypskryställchen umsäumt wird.

Die Natriumsalzkryställchen verändern sich bei gleicher Behandlung, wenn sie rein sind, fast gar nicht; sind sie aber aus kalkreichen Lösungen auskrystallisirt, so zersetzen sie sich sehr schnell unter Bildung von Gypskryställchen.

Wieweit man nach der Bořicky'schen Methode auch die relativen Mengen der einzelnen Bestandtheile zu beurtheilen vermag, mögen die folgenden vier Bilder zeigen, welche die von vier

Fig. 221.



Fig. 222.



Fig. 221. Oligoklas von Ytterby; zahlreiche, winzig kleine, sechsseitige Täfelchen des Kieselfluornatriums und drei spindelähnliche Gestalten des Kieselfluorcalciums.

Fig. 222. Labradorit von Ojamo in Finnland; kurze, hexagonale, von einer Luftblase umschlossene Säulchen des Kieselfluornatriums und spindelförmige, tafelförmig rhomboidale und dornenähnliche Gebilde des Kieselfluorcalciums.

Fig. 223.



Fig. 224.



Fig. 223. Labradorit von Volpersdorf; dieselben Krystallgestalten, wie in voriger Figur, nur sind die spindelförmigen Gebilde des Kieselfluorcalciums weit zahlreicher.

Fig. 224. Anorthit von Korsika; wie bei den vorigen Figuren; die Krystalle des Natriumsalzes sind am spärlichsten, die des Calciumsalzes weitaus überwiegend.

nach seiner Methode behandelten Feldspathdünnschliffen herrührenden Fluorsiliciumsalze zeigen.

Die bei dem Auszug mit Wasser, Salzsäure und Flusssäure erhaltenen Lösungen vertheilt man mittelst einer Pipette auf eine Anzahl von Objektträgern und prüft nun mit verschiedenen Reagentien auf die vermutheten Stoffe. In sehr vielen Fällen ist es im Interesse eines langsamen Auskrystallisirens zur Erzeugung deutlicher Krystallformen wünschenswerth, das Reagens nicht direkt zu der Flüssigkeit zu geben, sondern eine möglichst langsame Mischung beider zu veranlassen. In diesem Falle giebt man vom Reagens ein Tröpfchen in einiger Entfernung von der zu untersuchenden Flüssigkeit auf den Objektträger, setzt zwischen beide einen grösseren Wassertropfen und verbindet denselben mittelst eines dünnen Wasserfadens mit den beiden benachbarten Tropfen oder man stellt zwischen dem Reagens und der Lösung mittelst eines feuchten Leinenfadens eine Verbindung her, welche durch Diffusion eine langsame Vermischung der Flüssigkeiten herbeiführt.

Die Reaktionen unterscheiden sich ihrem Zwecke nach ganz wesentlich von denjenigen der analytischen Chemie. Während bei jenen die Erzeugung unlöslicher Verbindungen die Hauptsache ist, handelt es sich hier darum, durch die Einwirkung des Reagens Krystalle zu erzeugen, die unter dem Mikroskop leicht und sicher erkannt werden können. Da nun die unlöslichen Verbindungen gewöhnlich als ein unkrystallinisches Pulver oder als Kryställchen von gar zu winzigen Dimensionen ausfallen, so können sie unter dem Mikroskop selten mit Sicherheit erkannt werden. Hierzu eignen sich vielmehr diejenigen Reaktionen, die schwer lösliche Verbinbindungen liefern und beim allmählichen Verdunsten der Lösung gewöhnlich in charakteristischen Formen auskrystallisiren. Am besten und sichersten zu erkennen sind die Formen des regulären, hexagonalen und monoklinen Systems, bei welch letzterem die Auslöschungsrichtung oft ein gutes Kennzeichen liefert, sowie die rhombischen Krystalle, bei denen unter dem Mikroskop einzelne Kantenwinkel gemessen werden können.

Im Folgenden werden die hauptsächlichsten für die mikrochemische Untersuchung geeigneten Reaktionen der in Gesteinen am meisten verbreiteten Elemente genannt und abgebildet werden. Für die seltenen Elemente und namentlich für die schweren Metalle muss auf die in der Einleitung dieses Kapitels genannten Arbeiten und Lehrbücher verwiesen werden.

1. Kalium. Man giebt auf den Objektträger neben die neutrale oder schwach salzsaure Lösung einen Tropfen Platinchlorid, führt

denselben mittelst des Platindrahtes an die Lösung heran, erwärmt einen Augenblick und lässt dann erkalten. Dabei krystallisiren zahlreiche dunkelgelbe Krystalle mit starkem Lichtbrechungsvermögen aus, deren Form, Grösse und Vollkommenheit abhängig ist von der Konzentration der Lösung. Konzentrirte Lösungen liefern ein gelbes, krystallines Pulver, verdünnte dagegen schöne Krystalle des regulären Systems, die aus Oktaeder (Fig. 225), Oktaeder und Würfel, seltener Oktaeder und Rhombendodekaeder bestehen. Es entstehen ferner oktaedrische Skelette, sowie eigenthümliche Wachsthumsformen. Diese Reaktion ist so scharf, dass sie noch den 2000. Theil eines Milligrammes anzeigt (0,5 µg).

2. Natrium. Man verdampft die Lösung zur Trockne, setzt daneben auf den Objektträger einen Tropfen Essigsäure, in welcher

Fig. 225.

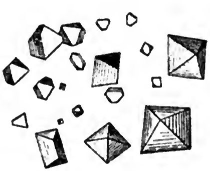
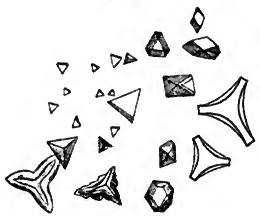


Fig. 226.



in der Wärme einige Körnchen chemisch reines essigsaures Uranyl aufgelöst sind, und leitet mittelst des Platindrahtes dasselbe über die auf Natrium zu prüfende Substanz. Man dampft etwas ab, lässt verdunsten und beobachtet dann, ob sich essigsaures Uranylnatrium gebildet hat. Dasselbe besteht aus hellgelben isotropen Krystallen des regulären Systems, welche das Tetraeder entweder allein oder mit Gegentetraeder oder mit Rhombendodekaeder zeigen (Fig. 226). Die Reaktion ist ungemein scharf, da das neu gebildete Salz nur 6,6 % Na_2O enthält und daher auch geringe Natronmengen noch eine erhebliche Menge des Salzes liefern. Die gleichzeitig entstehenden Krystalle von essigsaurem Uranyl sind rhombisch und mit jenem nicht zu verwechseln.

Bei Gegenwart von Magnesium erscheinen Krystalle von Magnesiumnatriumuranylacetat.

Man erhält dieselben auch, wenn man als Reagens das essig-

saure Uranylmagnesium anwendet; es entstehen dann rhomboedrische Kryställchen, welche, wenn das Rhomboeder 2R nur untergeordnet vorhanden ist, täuschend an ein Ikosaeder, wenn 0R wenig entwickelt ist, an ein Deltoid-Ikositetraeder erinnern. Die Reaktion tritt auch bei Anwesenheit der geringsten Mengen von Natrium ein, da zu dem neugebildeten Tripelsalze nur 1,5 % Natron erforderlich sind.

3. Calcium. Die beste Reaktion auf Kalkerde ist diejenige mit Schwefelsäure, wobei sich Gyps abscheidet. Die zu prüfende Substanz wird mit konzentrirter Schwefelsäure im Platinlöffel bis zur Trockniss abgedampft, der Rückstand mit Wasser aufgenommen und ein Tropfen der Lösung auf dem Objektglase verdampft. Anstatt der Schwefelsäure kann man, falls die Substanz sich darin löst, auch Salzsäure nehmen und den mit Wasser aufgenommenen

Fig. 227.



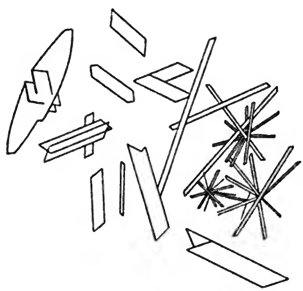
Rückstand der Verdampfung mit einer geringen Menge verdünnter Schwefelsäure versetzen. Beim Verdunsten scheiden sich aus der Lösung zuerst am Rande mikroskopische Kryställchen von Gyps ab, wie sie in Fig. 227 dargestellt sind. Aus sehr verdünnten Lösungen scheidet sich der Gyps in feinen, meist garbenartig verwachsenen Nadeln aus, die beim Weiterwachsen schiefe Endflächen erhalten. Die Abbildung Fig. 228 zeigt die vorherrschend auftretenden Krystallformen und die wichtigsten an ihnen zu beobachtenden Kantenwinkel.

4. Magnesium. Wird unter dem Mikroskop am besten in den Lösungen nachgewiesen als Ammoniummagnesiumphosphat. Man setzt zu der Lösung Salmiak und phosphorsaures Natrium hinzu und fügt dann einen Tropfen Ammoniak bei, so entstehen in der Kälte Nadeln des genannten Salzes von nachstehender Form. Fügt man aber zu der heissen Mischung von Natriumphosphat und Magnesiumsalz Ammoniak zu und lässt dann erkalten, so bilden

sich briefcouvertähnliche, aus zwei Domenpaaren und der Endfläche gebildete Kombinationen, die bisweilen an den vier Seiten sowie auf der oberen Fläche symmetrische Einkerbungen zeigen und durch monströses Weiterwachsthum in eigenthümliche, sehr charakteristische Krystallskelette übergehen. Bisweilen finden sich unter den regelmässig entwickelten Krystallen auch trapezförmige und dreieckige Körper.

5. Aluminium. Zur Nachweisung des Aluminiums verdampft man die Lösung mit einem kleinen Tropfen Schwefelsäure, nimmt den Rückstand mit Wasser auf und legt ein Korn Cäsiumchlorid in den Tropfen in der Nähe des Randes. Enthielt die Lösung mehr

Fig. 228.



als 1 % Aluminiumsulfat, so setzen sich an das Cäsiumchlorid dendritische Bildungen an; man muss dann ein kleines Tröpfchen Wasser zufügen und dieselben damit wieder auflösen. Andererseits erhält man nur schwierig gute Krystalle, wenn die Lösung weniger als $^1/_5$ % schwefelsaure Thonerde enthält. Es kommt also darauf an, die Mitte zwischen beiden Lösungen zu suchen. Bei langsamen Verdunsten ohne Erwärmen erhält man dann ausgezeichnete Krystalle von Cäsiumalaun. Derselbe bildet farblose Oktaeder von grosser Schönheit (Fig. 229). An Stelle des Cäsiumchlorides kann auch Cäsiumsulfat verwendet werden. Bezüglich der Gegenwart von Eisensalzen vergl. S. 520; grosse Mengen von Alkalisalzen hemmen durch ihr Auskrystallisiren die gute Entwickelung der Alaunoktaeder.

R. Brauns[1]) fand bei der mikrochemischen Prüfung auf Thonerde, wobei dieselbe durch Cäsiumsulfat als Cäsiumalaun nachgewiesen werden sollte, dass er immer Alaunkrystalle in solcher Menge erhielt, dass dieselben mit der bei der Analyse erhaltenen Thonerde in gar keinem Verhältniss standen, und welche nur durch das vorhandene Eisenoxyd so zahlreich entstehen konnten. Die weitere Verfolgung ergab, dass in der That die Lösung eines reinen Eisenoxydsalzes mit Cäsiumsulfat ganz ebenso Alaune liefert, wie die Lösung eines Thonerdesalzes, und dass beide Alaunarten unter dem Mikroskop sich nicht unterscheiden lassen. Es geht also hieraus hervor, dass man nur dann die Thonerde mikrochemisch

Fig. 229.

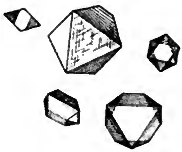
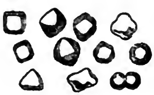


Fig. 230.



als Alaun nachweisen kann, wenn Eisenoxyd nicht vorhanden ist; im anderen Falle muss man beide trennen, was immerhin seine Schwierigkeiten hat.

Für Eisen und Mangan hat man keine auf Krystallbildung beruhenden scharfen Reaktionen, und es treten daher an deren Stelle die Nachweisung des Eisenoxyduls und Oxydes mit Ferri- und Ferrocyankalium, für Mangan die Sodaschmelze auf dem Platinblech.

Die Nachweisung der Phosphorsäure in Gesteinen, wo dieselbe wohl fast immer an den Apatit gebunden ist, erfolgt am schärfsten mit molybdänsaurem Ammoniak. Die mit Salpetersäure zur Trockne verdampfte Substanz wird mit einem Tropfen einer salpetersauren Lösung des genannten Salzes versetzt, wobei sich zahlreiche schwefelgelbe Kryställchen von phosphormolybdänsaurem Ammoniak bilden, welche die Formen des Oktaeders oder rhombischen Dodekaeders, aber meist mit abgerundeten Kanten besitzen (Fig. 230). Es muss dafür gesorgt werden, dass keine lösliche Kieselsäure vorhanden, Molybdänsäure aber im Ueberschusse vorhanden ist.

[1]) Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 1888. S. 477.

Zum Nachweise der Schwefelsäure wendet man die beim Calcium angegebene Reaktion umgekehrt an.

Zum Nachweise von Karbonaten bedeckt man das mit Wasser versetzte Gesteinspulver mit einem Deckgläschen, setzt daneben einen Tropfen Salzsäure und verbindet denselben langsam mit dem Wasser. Die sich entwickelnde Kohlensäure erscheint unter dem Deckglase in Bläschen, die auch bei der kleinsten Menge von Karbonat gut zu erkennen sind.

Eine Reihe von mikrochemischen Einzelbestimmungen und besonderen Methoden giebt J. Lemberg in der Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft 1890, S. 737—752 in einem Aufsatze: Zur mikrochemischen Untersuchung einiger Minerale. Dieselben beziehen sich auf folgende Mineralien: 1. Sodalith (Prüfung mit Silbernitrat auf Chlor). 2. Hauyn (desgl. und Ausfällung der Schwefelsäure als $PbSO_4$) 3. Skapolith (wie Sodalith). 4. Chabasit und andere Zeolithe (Prüfung mit Thalliumnitrat). 5. Silikate, die rasch mit Salmiaklösung in Wechselwirkung treten (Nessler'sches Reagens). 6. Calcium-, Baryum- und Strontiumkarbonate ($FeCl_4$-Lösung). 7. Dieselben (Prüfung mit Chromsäure). 8. Cerussit (desgl.). 9. Zinkspath (Behandlung mit Na_2S-Lösung). 10. Manganspath (desgl.). 11. Eisenspath (desgl.) 12. Pyromorphit (Prüfung auf Chlor mit Silbernitrat).

Die Einzelheiten bezüglich der Ausführung der Untersuchung sind in der angegebenen Arbeit nachzusehen.

Kapitel 67.

Die Anfertigung von Dünnschliffen.

Ueber die beste und zweckmässigste Methode zur Herstellung von Dünnschliffen hat einer der erfahrensten unter den heutigen Petrographen, H. Rosenbusch, aus langjähriger eigener Erfahrung heraus in seiner mikroskopischen Physiographie der Mineralien folgende Mittheilungen gemacht:

Zur Anfertigung eines Dünnschliffes benützt man einen mit Hülfe des Hammers von dem betreffenden Gesteine durch einen kurzen auf die Kante geführten Schlag abgelösten plattigen Splitter. Sofern es sich nicht um das Studium von Verwitterungserscheinungen handelt, sei derselbe frisch, ohne Spuren von Zersetzung und nicht

zu klein, so dass eine hindurch gelegte grösste Ebene immer wenigstens 3—4 cm^2 Oberfläche habe; ferner sei er ohne Risse und Sprünge, denn sonst zerreisst er bei den weiteren Manipulationen und man hat vergebliche Arbeit gehabt. Eine der breiten Flächen eines solchen Splitters wird nun aus freier Hand eben und glatt geschliffen. Man kann sich hierbei eines festliegenden Schleifsteines irgend welcher Art (Gusseisenplatte, Smirgelstein, Sandstein, Wetzstein u. a.) mit oder ohne Smirgel bedienen, doch ist es bequemer, sich einen kleinen Schleifapparat von einem Mechaniker konstruiren zu lassen, bei welchem an vertikaler Achse verschiedene härtere und weichere Schleifsteine horizontal angeschraubt werden können, die dann vermittelst eines Trettbrettes und Schwungrades nach Art der Nähmaschine mit den Füssen in Rotation versetzt werden, so dass man beide Hände frei behält. Etwas weniger bequem, aber doch sehr praktisch fand Rosenbusch, sich eines rotirenden Schleifsteins von Smirgel oder hartem Quarzsandstein zu bedienen, der in einem mit Wasser gefüllten eisernen Kasten läuft, und mit der rechten Hand vermittelst einer Kurbel um eine horizontale Achse gedreht wird. Man drückt mit der linken Hand den zu schleifenden Splitter fest gegen die schmale Fläche, später zur Planirung der angeschliffenen Ebene gegen die breite Fläche des Schleifsteines. Hat man auf diese Weise eine durch die ganze Breite des Splitters sich erstreckende ebene Schlifffläche hervorgebracht, — und es empfiehlt sich, diesen ganzen Theil der Operation so vollständig und so vollkommen als irgend möglich durchzuführen — so glättet man dieselbe am besten auf einem guten Wetzschiefer (Luxemburger Steine der Händler), den man mit Terpentinöl oder Glyzerin befeuchtet. (Gelegentlich sei bemerkt, dass man Terpentinöl oder Glyzerin am besten in einer Glasflasche aufbewahrt, die mit einem Kork verschlossen ist; der Kork sei durchbohrt von einer Glasröhre, mit der man heberartig durch Verschluss derselben mit dem Daumen die nöthige Flüssigkeit heraushebt. In einem offenen Gefässe, wie man es nöthig hätte, wenn man etwa mit einer Feder schöpfen wollte, würde das Terpentinöl bald harzig werden, ganz abgesehen davon, dass dieses Verfahren viel schmutziger ist.) Darauf wasche man den Splitter und zumal die angeschliffene Fläche mit einem harten Pinsel in Spiritus säuberlich ab, spüle ihn in reichlichem Wasser, trockne ihn mit einem leinenen Tuche und bürste ihn wieder mit einem harten Pinsel, um anhängende Tuchfäserchen zu ent-

fernen. Man befestigt alsdann den Splitter mit der angeschliffenen Fläche auf einem thunlichst dicken Objektglase vermittelst Kanadabalsams oder eines anderen geeigneten Mittels. Das Objektglas darf nicht zu dünn sein, weil dasselbe sich sonst unter dem Druck der Finger etwas biegt und man in den späteren Stadien des Schleifprozesses die Ränder des Schliffes wegschleift, während die Mitte desselben dick bleibt. Den Kanadabalsam wendet man entweder in zähflüssiger Form an und hebt die nothwendige Quantität vermittelst eines in den Kork des Aufbewahrungsgefässes eingesteckten Glasstabes heraus, oder man benutzt härteren Balsam und vermeidet dadurch die sehr widerwärtige Beschmutzung des Arbeitstisches mit der kleberigen Substanz. Man erhärtet den Kanadabalsam einfach in einem Porzellantiegel durch Erwärmung über sehr kleiner Flamme und steckt gegen Ende des Prozesses einen Glasstab in die zähflüssige Masse. Nach Erkaltung hebt man den harten Balsamkegel mit diesem Glasstabe aus dem Tiegel. — Einen vorzüglichen, dem Kanadabalsam entschieden vorzuziehenden Kitt erhält man durch langsames Zusammenschmelzen und langanhaltendes Kochen eines Gemenges von 16 Gewichtstheilen zähflüssigen Kanadabalsams und 50 Gewichtstheilen Schellack. Die vor dem vollständigen Erkalten fadenziehende Masse formt man durch Rollen zwischen den Händen zu handlichen Stäben von etwa 1 cm Querschnitt und 20—30 cm Länge.

Das Aufkitten des Splitters geschieht in folgender Weise: Man bestreiche den wohlgereinigten und gelinde über einer Flamme erwärmten Objektträger mit einer zusammenhängenden nicht zu dünnen Haut des zur Verwendung bestimmten Kittes. Gleichzeitig erwärme man an der Lampe in einer Pinzette den Splitter mit der angeschliffenen Fläche nach oben, um die dünne, daran kondensirte Feuchtigkeits- und Gasschicht zu entfernen, und lege dann den unter der Lupe untersuchten und rein befundenen Splitter mit der angeschliffenen Fläche auf den Balsam. Das Objektglas wird nun wieder hoch über die Flamme gebracht und bis zum Kochen des Kanadabalsams erwärmt, wobei sich dicke, schwarzgraue Dämpfe entwickeln; — ein Anbrennen des Balsams muss dabei sorgfältigst vermieden, im eintretenden Falle sofort durch Daraufblasen gelöscht werden. Bei manchen wasserhaltigen Mineralien, zumal bei manchen Zeolithen, muss man den Kanadabalsam allein kochen und erst nach Eintreten der Temperaturerniedrigung den Splitter auflegen, weil das Mineral sonst leicht Wasser verlieren und un-

durchsichtig werden würde; oder aber man bedient sich zum Festkleben des Präparates einer Auflösung von Kanadabalsam in Aether und lässt diese durch allerdings nur langsam sich vollziehende vollständige Verdunstung des Aethers erstarren. Dann lasse man erkalten, indem man den Schliff mit einer Messer- oder Ahlenspitze am Herabschwimmen vom Kanadabalsam hindert. Rosenbusch fand es stets bewährt, erst dann den Schliff fest auf die Glasplatte zu drücken, wenn im Balsam keine Blasenentwickelung mehr Statt fand; drückt man noch während derselben den Schliff fest auf, so haften gar oft beim Erkalten Luftbläschen unter demselben, die fast mit Gewissheit bei fortgesetzter Operation ein Abreissen des Schliffes vom Objektträger bewirken. Sind trotz aller Vorsichtsmassregeln nach dem Erkalten noch Luftbläschen unter der Schlifffläche, so muss man eben geduldig wieder erwärmen und die Operation wiederholen, bis keine Bläschen mehr da sind. Ungeduld in diesem Falle wird sich fast ausnahmlos durch noch grösseren Verlust an Zeit und Arbeit rächen. — Ist das Objektglas mit dem Schliffe nun vollständig erkaltet, so beginnt man mit der Herstellung der zweiten Schliffläche, indem man wieder anfangs auf der schmalen Mantel-, dann auf der breiten Seitenfläche des vertikal rotirenden Smirgelsteins andrückt, wenn man keine Schleifmaschine hat. Man setze diese Operation so lange ruhig fort, wie es unbeschadet der Sicherheit des Präparates geschehen kann; es gelingt meistens schon hier, das Präparat annähernd bis ganz durchsichtig zu machen.

Dann behandle man zuletzt den Schliff wieder auf dem Wetzsteine bis zur vollkommenen Durchsichtigkeit. Die Ersetzung des Wetzsteins durch eine mattgeschliffene Glasscheibe mit Wasser mit oder ohne Zusatz von feinem Smirgelpulver ist nur dann empfehlenswerth, wenn man dazu den allerfeinsten durch Schlämmen aus dem früher verbrauchten Smirgelpulver gewonnenen Smirgelstaub verwendet. Die Schleiffläche des Wetzsteins oder der Glasplatte soll wo möglich nicht ganz eben, sondern sehr schwach konvex sein, damit die Mitte des Präparates nicht dicker bleibe als die Ränder desselben.

Man kann den Schliff als vollendet ansehen, wenn man durch denselben nach Befeuchtung mit Wasser feine Schrift deutlich lesen kann; — ein Stadium, das selbstverständlich je nach dem Grade der Durchsichtigkeit der Substanz früher oder später eintritt. Ein eigentliches Poliren des Schliffes etwa auf Leder mit Caput mor-

tuum ist nicht nur nicht nöthig, sondern hier und da geradezu misslich. — Wenngleich ein solches Präparat nach gehöriger Reinigung bereits ein leidliches Beobachtungsobjekt ist, so ist es doch in allen Fällen schon der Aufbewahrung wegen rathsam, es auf ein neues, durch Schleifen nicht verletztes Objektglas zu übertragen. Zu diesem Zwecke reinige man den fertigen Schliff durch Waschung mit einem harten Pinsel wieder in Spiritus, nachdem man zuvor den überflüssigen Kanadabalsam mit einer heissen Messerspitze entfernt hat; spüle dann rasch in reichlichem Wasser ab, trockne mit einem leinenen Tuche und fahre wieder mit einem harten Pinsel darüber hin. Ränder des Schliffes, welche etwa nicht dicht und fest auf dem Objektglase auflagen und unter welche also bei dem Schleifen Schmutz kommen konnte, opfert man besser, indem man sie mit einem Messer absprengt. Sonst kann man auch die untere Fläche noch einmal reinigen, wenn man das Präparat erwärmt, so dass die Balsamschicht schmilzt, dann den Schliff nach dem Rande des Objektglases hinschiebt und ihn über die Kante weg auf die andere Seite des Trägers gleiten lässt, so dass nun die vorher untere Seite des Schliffes nach oben liegt.

Hat man so den Schliff vollständig gereinigt, so bringt man auf ein neues Objektglas, das frei von allen Schlieren, Punkten und Rissen sein muss, ein Tröpfchen Kanadabalsam, den man gelinde erwärmt, so dass er ein wenig zerfliesst. Quadratische Objektgläser sind darum zu empfehlen, weil man ohne Hinderniss auf dem Objekttische des Mikroskops eine volle Drehung in ihrer eigenen Ebene mit ihnen vornehmen kann. Nun erwärmt man in einer Pinzette gelinde das Objektglas mit dem Schliffe bis zum Flüssigwerden der Kanadabalsamschicht, durch welche derselbe anhaftet, indem man sich dabei der linken Hand bedient, hält es über das neue Objektglas und schiebt vermittelst einer Messerspitze mit der rechten Hand das Präparat vom alten auf den neuen Objektträger [1]). Zerreisst dasselbe unglücklicher Weise beim Uebertragen, so berücksichtige man vorläufig nur das grösste oder beste Stück desselben. Liegt dieses auf dem Kanadabalsam des neuen Trägers, so erwärme man ein wenig, so dass es hafte, und lasse dann ein

[1]) Andere empfehlen, das fertige Präparat von dem Glase dadurch zu lösen, dass man das Glas mit Schliff in Alkohol legt, bis derselbe sich von selbst abgelöst hat; man hebt ihn mit einem Pinselchen aus der Flüssigkeit, trocknet ihn zwischen Filtrirpapier und überträgt ihn auf den definitiven Objektträger.

wenig erkalten, thue dann ein neues Tröpfchen Kanadabalsam auf dasselbe, wobei jeder Ueberschuss zu vermeiden ist, und bedecke es mit einem möglichst dünnen Deckgläschen, dessen Grösse der des Schliffes entspreche. Nun erwärme man wieder das Ganze hoch über der Flamme, indem man es mit der linken Hand in einer Pinzette hält, bis zur Entwickelung dunkler Dämpfe, unter noch vorsichtigerer Vermeidung des Anbrennens des Kanadabalsams, da der dabei sich abscheidende Kohlenstoff das Präparat schwärzen und unbrauchbar machen könnte. Hierauf kühle man durch Anblasen ein wenig ab und drücke nun das Deckgläschen vermittelst einer federnden Pinzette fest an. Man setze dabei die zusammengedrückten Spitzen derselben auf die Mitte des Präparates und lasse sie dann durch Nachgeben der Finger nach den Seiten sich wiederholt in verschiedener Richtung über das Deckgläschen hin öffnen. So wird man es leicht erreichen, dass kein Luftbläschen unter dem Präparate bleibt; widrigenfalls muss man die Operation wiederholen. — Zwei Stückchen des zerrissenen Präparates unter ein Deckgläschen zu bringen, ist stets eine missliche, selten gelingende Arbeit. — Wünscht man eine möglichste Eleganz der Präparate, so entfernt man den an den Rändern des Deckgläschens überflüssigen Kanadabalsam mit einer heissen Messerspitze, wäscht rasch in Spiritus und spült in reichlichem Wasser ab.

Endlich etiquettirt man das fertige Präparat, indem man den Namen der Spezies, Fundort und Nummer des Handstücks, von welchem es herstammt, am besten mit einem Diamant in das Objektglas einschneidet oder auf einem aufgeklebten Papierstreifen notirt. Die Aufbewahrung der Präparate erfolgt entweder bei dem zugehörigen Handstücke oder in besonderen Holzkästchen mit gekerbten Einsätzen von einer Breite und Weite, die den gebrauchten Objektgläsern entspricht.

Diese Methode der Herstellung von Dünnschliffen ist natürlich nur bei festen, von Hohlräumen freien Gesteinen anwendbar. Für poröse, lockere oder aus einzelnen Körnern bestehende Gesteine sind folgende Methoden als praktisch erprobt:

1. Sehr grobkörnige, etwas in ihrem Zusammenhange gelockerte oder stark zersetzte Gesteine lassen sich, nachdem sie auf dem Objektträger dünn geschliffen sind, nicht auf einen neuen Objektträger übertragen, ohne dabei in zahlreiche Stücke zu zertrümmern. Man klebt sie deshalb, nachdem sie auf der einen Seite in der angegebenen Weise angeschliffen und mit Spiritus gut gereinigt sind,

direkt auf den definitiven Objektträger und präparirt sie, nachdem sie dünn geschliffen sind, auf demselben durch Aufgiessen gekochten Balsams auf den getrockneten und gereinigten Schliff, rasches Auflegen und sanftes Niederdrücken des Deckgläschens. Man muss sich dabei vor zweierlei hüten: Erstens darf man den Objektträger nicht nochmals erwärmen und zweitens darf man das Deckgläschen nicht zu fest aufdrücken, da in beiden Fällen ein Auseinanderfallen des Schleifstückchens das Gewöhnliche ist; man muss daher die Präparation möglichst rasch ausführen, bevor der aufgegossene Balsam erkaltet ist.

2. Poröse, zellige, bröcklige, schlackige und blasige Gesteine (Kalktuff, vulkanischer Tuff, Asche, Schlacken, Bimstein, Laven) werden vor dem Schleifen längere Zeit mit Kanadabalsam gekocht, so dass alle Hohlräume mit demselben ausgefüllt werden. Im Uebrigen müssen derartige Gesteine ebenso wie die unter 1. genannten nach dem Anschleifen der ersten ebenen Fläche sogleich auf einen besseren Objektträger aufgekittet werden, auf welchem sie dauernd aufbewahrt werden, da sie ebenso wenig wie jene eine Uebertragung ohne Zerreissen zulassen.

3. Für sehr weiche und lockere Gesteine empfiehlt A. Wichmann[1]) folgendes Verfahren: Man schabt ein Stück mit dem Messer eben und reibt die so hergestellte Fläche auf einer trockenen Glasplatte glatt; darauf klebt man dieselbe vermittelst gekochten Kanadabalsams, den man auf dem Objektträger bis zur Zähflüssigkeit hat abkühlen lassen, auf demselben fest und schabt nun wieder mit dem Messer so viel von dem Stück ab, dass nur noch ein dünnes Blättchen übrig bleibt. Das gut gereinigte Präparat wird mit einer Lösung von Kanadabalsam in Chloroform bedeckt und das Deckgläschen darauf gedrückt. Das Präparat erscheint darauf hinreichend durchsichtig.

4. Um zur mikroskopischen Untersuchung geeignete Präparate von Thonen zu erhalten, an denen auch die Struktur in ihrer Ursprünglichkeit erhalten ist, wandte Steenstrup[2]) folgende Methode an:

Mit feinem Sande oder auf einer Glasscheibe wird ohne Be-

---

[1]) Mineral. u. petrogr. Mittheil., ges. v. G. Tschermak. V. 1883. S. 33. Anmerkung.

[2]) K. J. V. Steenstrup, Tyndpröver af Ler. Geol. fören. i Stockholm förhandl. XII. 1890. S. 647—648.

nützung von Wasser an dem vollkommen trockenen Thonstück eine Ebene angeschliffen, und das Stück mit dieser Ebene auf einem Objektträger mittelst Kanadabalsams aufgeklebt. Der Balsam muss dickflüssig sein, so dass er in die Poren des Thones nicht einzudringen vermag, und muss stark binden: Steenstrup verwandte mit bestem Erfolge den von Rosenbusch vorgeschlagenen Kitt (s. oben). Anstatt nun das aufgekittete Thonstück abzuschleifen, wird es, nachdem der Kitt gehörig getrocknet ist (wozu, weil Erwärmen selbstverständlich vermieden werden muss, etwa 24 Stunden erforderlich sind), einfach abgebrochen; dabei bleibt auf dem Kitt eine dünne Thonhaut sitzen, die man noch durch Abspritzen mit Wasser verdünnen kann. Da aber in diesem anklebenden Häutchen durch den Schleifprozess die einzelnen Theile gegen einander verschoben sind, so verfährt man zur Erlangung eines die ursprüngliche Struktur zeigenden Präparates folgendermassen: Man klebt die bei dem Abbrechen des Thonstückes gewonnene neue ebene Fläche auf einen zweiten Objektträger, lässt den Kitt erhärten, bricht den Thon abermals ab, verdünnt das kleben gebliebene Thonhäutchen nach Bedarf abermals durch Abspritzen mit Wasser, trocknet, giebt Kanadabalsam und schliesslich das Deckgläschen darüber und hat nun ein Präparat, in welchem die einzelnen Mineralbestandtheile genau so liegen, wie sie die Natur gelegt hat. — Zu bemerken ist noch, dass man zur Entfernung anhaftender Thonstäubchen von der ersten gewonnenen Schliffläche sich nur bei härteren Thonen eines Pinsels, bei weicheren, in denen selbst feine Pinselhaare Kritzen erzeugen, nur der bewegten Luft bedienen darf.

5. Ein Mittel zur Erlangung von Dünnschliffen von Sanden und anderen aus einzelnen Körnern bestehenden Aggregaten gaben Thoulet[1]) und Mann[2]). Nach Ersterem vermischt man das zu untersuchende körnige Gemenge mit ungefähr dem zehnfachen Volumen Zinkoxyd und giebt dann so viel von einer konzentrirten Kaliwasserglaslösung dazu, dass man einen dicken Brei erhält. Mit diesem Brei füllt man den inneren Hohlzylinder eines wenige Millimeter langen Stückes einer Glasröhre, deren Bruchflächen parallel und eben sind, deckt mit einem Blatte Papier zu und lässt

---

[1]) J. Thoulet, Note sur un nouveau procédé d'étude au microscope de minéraux en grains très fins. Bull. soc. min. de France. 1879. II. S. 188.

[2]) Neues Jahrbuch für Mineral. 1884. II. S. 187.

trocknen. Nach einigen Tagen ist die Masse so weit erhärtet, dass man daraus wie von einem beliebigen Gestein einen Dünnschliff anfertigen kann. Mann verwendete einen Brei von Zinkoxyd und Phosphorsäure, der nach dem Erhärten gleichfalls sich schleifen lässt.

Anstatt der Herstellung von Dünnschliffen eines Sandes nach einer der angegebenen Methoden empfiehlt Retgers[1]), den Sand in einem Achatmörser zu zertrümmern. Man zertheilt die Körner durch kräftiges Drücken mit dem Pistill in kleinere Fragmente. Die Zertheilung darf durchaus nicht weiter gehen, da äusserst feines Mineralpulver, wie es die chemische Analyse verlangt, nichts zeigt. Die durch Zertrümmerung entstandenen Fragmente sind für die Beobachtung höchst werthvoll. Die Interferenzfarben treten an den dünnen Stellen derselben in der bei Dünnschliffen bekannten Stärke auf. Einschlüsse und Krystallstruktur sind an den Splittern bedeutend besser zu beobachten, als an den runden Sandkörnern. Sehr wichtig ist ausserdem der Vortheil, dass hierbei die Existenz von Spaltungsdurchgängen scharf hervortritt, und muschelig brechende Mineralien, wie Quarz und Augit, deutlich von leicht spaltbaren, wie Feldspath, Calcit und Hornblende, zu unterscheiden sind.

Für die erste Untersuchung der Sande sowohl wie der Fragmente ist die Einbettung in eine stark lichtbrechende Flüssigkeit unumgänglich, wenn man die stark brechenden Mineralien deutlich erkennen und isoliren will. Es empfiehlt sich, die Sandkörner, nachdem sie mit Hülfe der schweren Lösungen und schweren Schmelzen in Gruppen zerlegt sind, nach einander in Flüssigkeiten mit zunehmendem Brechungsindex auf flachen Uhrgläsern einzulegen. Man benützt zu einer ersten Untersuchung am besten das Benzol ($n = 1{,}50$) und wendet hierauf für Mineralien der Pyroxen-Amphibolgruppe Jodmethylen ($n = 1{,}74$) und für die Mineralien mit noch höherem Brechungsindex Phenylsulfid ($n = 1{,}95$), Quecksilbermethyl ($n = 1{,}93$), Phosphor ($n = 2{,}14$) oder eine konzentrirte Lösung desselben in Schwefelkohlenstoff ($n = 1{,}95$) an.

6. Beim Schleifen von Kalksteinen und Dolomiten nahm Pfaff[2]) den letzten Theil des Dünnschleifens nicht auf der Schleifplatte vor,

[1]) J. W. Retgers, Ueber die chemische und mineralogische Zusammensetzung der Dünensande Hollands u. s. w. Neues Jahrb. 1895. I. S. 32.

[2]) Sitzungsberichte der kön. bayr. Akad. zu München. 1882. S. 562.

sondern bediente sich dazu eines weichen Korken, mit dem er unter Benützung feinsten geschlämmten Smirgels das Präparat bis zur vollkommenen Durchsichtigkeit bearbeitete. Für das Gelingen ist es Vorbedingung, dass das Schliffstück an den Rändern vollkommen mit Kanadabalsam umgeben ist. Dieselbe Methode wird auch für Thonschieferschliffe empfohlen.

Bei der Anfertigung von Dünnschliffen von Schaumkalk verfuhr Bornemann[1]) in folgender Weise: Von dem Gestein wird zunächst mittelst der Scheibe und Smirgel eine 3—4 mm dicke Platte geschnitten, diese rein abgespült und auf einer matten Glasplatte auf beiden Seiten eben geschliffen, während durch einen kontinuirlichen Wasserstrahl auf der schräg gestellten Platte jede Ansammlung von Schleifpulver vermieden wird. Die so vorbereitete Platte wird vorsichtig getrocknet und sodann auf der einen Seite mit reinem Kanadabalsam überzogen. Dieser wird langsam gedörrt, so dass sich die Poren der einen Seite völlig mit hartem Balsam erfüllen und auch die Aussenfläche noch leicht von Balsam bedeckt bleibt, auch die Luftblasen beseitigt werden.

Nach dem langsamen Erkalten schleift man die Balsamschicht zuerst auf einer reinen Glasplatte, alsdann auf einem feinen, ganz ebenen Abziehstein, den man unter einen kontinuirlichen Wasserstrahl hält, so weit ab, dass die Gesteinsfläche eben wieder frei wird. Nach dem Abtrocknen bringt man auf diese Fläche einen Tropfen frischen Balsams, erwärmt bis zum anfangenden Erhärten desselben und kittet damit die Platte unter Erwärmung auf einen reinen Objektträger fest auf. Das Präparat wird sodann dünn geschliffen, zuerst unter Anwendung von Smirgel und viel Wasser; aber sobald die Dicke unter 1 mm herabsinkt, wird das Feinschleifen lediglich auf der reinen Glasplatte und dem Abziehstein bei kontinuirlicher Abspülung vorgenommen. Ist die nöthige Dünne erreicht, so spült man ab, trocknet und legt das Deckglas mittelst Balsam auf, den man durch Chloroform verdünnt hat.

Kanadabalsam und Chloroform enthalten oftmals Unreinigkeiten, besonders zarte, kaum bemerkbare Fragmente von Kork (von Korkstöpseln herrührend), welche leicht in die Poren der Präparate eindringen und zu Irrthum Veranlassung geben können. Es ist daher nöthig, die angewandten Substanzen auf ihre Reinheit zu prüfen oder dieselben durch Filtriren zu reinigen, und zu ihrer Auf-

[1]) Jahrb. preuss. geol. Landesanst. f. 1885. S. 282—283.

bewahrung nur Glasgefässe mit eingeriebenen Glasstöpseln zu verwenden.

Auf diese Weise gelingt es, die zartesten, in manchen Poren des Schaumkalks lose eingeschlossenen Körper sichtbar zu machen, welche sich sonst der Beobachtung hartnäckig entziehen. Aus ganz geöffneten Poren werden solche mikroskopische Körper im gewöhnlichen Falle stets herausfallen und zu Grunde gehen; wenn aber eine Pore beim Anschleifen nur zum kleinen Theil geöffnet ist, oder mehrere Poren durch kleine Oeffnungen mit einander in Verbindung stehen, so wird der eindringende Balsam die losen Körperchen umgeben, durchdringen und in ihrer Lage festhalten.

7. Herstellung von Dünnschliffen fossiler Kohlen resp. Kohlenwasserstoffe[1]). Um die für die Herstellung von Dünnschliffen erforderlichen dünnen Platten zu gewinnen, genügt bei den zur Schieferungsfläche parallelen Platten oft das Messer zur Abspaltung oder eine Säge mit feiner Zahnung. Will man jedoch Platten rechtwinkelig zur Schieferungsfläche herstellen, so empfiehlt es sich, zuerst eine glatte Fläche anzuschleifen, auf dieselbe mit Kanadabalsam ein Blättchen starkes Schreibpapier aufzukleben und erst dann die Platte in einer Dicke von 3—4 mm parallel zur angeschliffenen Fläche mittelst einer feinen Säge oder der Diamantkreissäge mit Wasser abzusägen. Um die Platten weiter zu verdünnen, bedient man sich am besten der Bleischeibe und ziemlich feinen Smirgels mit Wasser, lässt aber bei allen brüchigen Kohlenplatten das aufgeklebte Papierstückchen sitzen, bis die Platte zum Aufkitten auf den Objektträger fertig ist. Hat man die Platten so weit verdünnt, so erreicht man die aufzukittende ebene glatte Fläche am besten durch recht leichtes Schleifen mit dem feinsten geschlämmten Smirgel auf einer matten Glasplatte mit ebener Oberfläche. Es folgt nun das Austrocknen der Platten. Es ist dies derjenige Theil der Prozedur, dessen Vernachlässigung sich am schwersten bestraft und bei dem die grösste Sorgfalt nöthig ist. Nur wenige Kohlen sind ganz dicht, die meisten vielmehr porös und von einer Menge feiner und feinster Spalten und Löcher durchzogen. In diese Hohlräume treibt die Kapillarattraktion das Wasser, das man vor dem Aufkitten durch Erwärmung verjagen

[1]) Fischer und Rüst, Ueber das mikroskopische und optische Verhalten verschiedener Kohlenwasserstoffe, Harze und Kohlen. Zeitschr. f. Krystallogr. u. Mineral., herausg. v. Groth. 1883. S. 215.

muss. Es gelingt das am einfachsten, wenn man die Platten mit der glattgeschliffenen Fläche nach oben auf eine recht dünne Glasplatte legt und nun wiederholt auf einer Spiritusflamme erhitzt. Hierbei löst sich meist von selbst das angeklebte Papierstückchen ab. Glaubt man nun, dass das Wasser ausgetrieben ist, so bringt man auf die noch warme Platte erwärmten Kanadabalsam und erhält sie noch einige Zeit in einer Temperatur von 130—135° R., also nahe vor dem Kochen des Kanadabalsams, dessen Siedepunkt nahe bei 145° R. liegt. Es ist dies nothwendig, um den Kanadabalsam thunlichst in die Poren und Risse der Platte eindringen zu lassen. Viel bequemer und sicherer verfährt man jedoch, wenn man den Fahr'schen heizbaren Tisch mit Thermometer zum Decken der Dünnschliffe benützt, da man hier die Temperatur durch die stellbare Spirituslampe gut reguliren kann. Versäumen darf man jedoch nicht, die Platten mit der oben erwähnten dünnen Glasplatte auf den Tisch zu bringen, da auch bei aller Vorsicht sich das Ueberfliessen von Kanadabalsam nicht ganz vermeiden lässt. Ist nun die aufzukittende Fläche der Platten gut mit Kanadabalsam getränkt, so nimmt man dieselben vom Tische und legt die Objektträger auf, versieht dieselben mit nicht mehr Kanadabalsam, als nöthig, um die Platte haften zu lassen, und überträgt nun die Platten auf die Objektträger. Alsdann drückt man sie mit einem erwärmten flachen Spatel vorsichtig an, um den Kanadabalsam zwischen Platte und Objektträger bis auf eine möglichst dünne Schicht zu entfernen, und lässt erkalten. Um sicher zu gehen, muss man sich vor der Prozedur vom Siedepunkte seines Kanadabalsams genau unterrichten und darnach die Temperatur regeln, da der käufliche Kanadabalsam nicht stets den gleichen Siedepunkt von 145° R. hat. Sind zwischen Platte und Objektträger Luftbläschen zurückgeblieben, so geht der Schliff beim Dünnschleifen unfehlbar verloren. Ebenso verderblich ist es jedoch, wenn die Platte nicht genügend ausgetrocknet war und die Feuchtigkeit zwischen Platte und Objektträger zurückblieb. Dieselbe ist leicht an der feinen dendritischen Zeichnung zu erkennen. In beiden Fällen bleibt nichts anderes übrig, als die Platte wieder abzunehmen und nach erneuter Abtrocknung von Neuem aufzukitten. Luftbläschen lassen sich oft durch Andrücken nach erneutem Erwärmen entfernen. Eine besondere Schwierigkeit bereiten fast alle Braunkohlen, sowie die Kannel- und sogen. Bogheadkohlen dadurch, dass sie sich beim Erwärmen ziehen und in feinen Plättchen sogar aufrollen. Man sucht

dieser unangenehmen Eigenschaft durch Bedecken des Plättchens mit Seidenpapier und Pressen zwischen dicken Glasplatten zu begegnen, was oft recht viele Mühe macht. Ist das Aufkitten gelungen, und der Kanadabalsam erhärtet, wovon man sich überzeugt, wenn sein unter dem Plättchen herausgetriebener Rand keinen Eindruck von dem Fingernagel mehr annimmt, dann kann man das Plättchen wieder auf der Bleischeibe mit feinem Smirgel bis auf die Dicke von 1 mm wegschleifen. Das Dünnschleifen geschieht dann wieder mit recht wenig feinstem geschlämmten Smirgel und Wasser auf der Glasplatte unter häufiger Betrachtung durch das Mikroskop und hat bei gehöriger Vorsicht und Vermeiden jeden Druckes keine Schwierigkeit. Auch beim Decken der Kohlendünnschliffe darf man nicht wie beim Decken der Gesteinsdünnschliffe verfahren. Sie vertragen kein Abwaschen mit Weingeist; man muss dieselben in Wasser abpinseln und dann mit dem Messer den überschüssigen Kanadabalsam, der meist durch hineingeriebene Kohlenpartikelchen braun gefärbt ist, bis an den Rand des Plättchens entfernen. Beim Decken darf die Erwärmung nur eine so geringe sein, dass der Schliff sich nicht vom Objektträger löst, weil er dann beim Andrücken des Deckgläschens in kleine Partikel zerbröckelt [1]).

8. Wiederauffindung bestimmter Stellen eines Dünnschliffes. Will man eine bestimmte Stelle eines Dünnschliffes jederzeit leicht wieder finden, so stellt man dieselbe unter dem Mikroskope auf das Fadenkreuz ein, und bezeichnet mit einem Tintenstriche oder mit einer mittelst des Schreibdiamanten eingeritzten Linie die Punkte des Objektträgerrandes, an denen er mit den beiden rechtwinkelig sich schneidenden Durchmessern des mit Theilkreis versehenen Objekttisches zum Schnitte kommt. Mit diesem Verfahren kann man aber nur einige wenige Stellen in jedem Schliffe markiren. Viel besser ist daher eine bisher unbeschriebene Methode, von der ich durch Herrn Dr. Zimmermann erfuhr. Der Schieferbruchsbeamte Herr Knab in Lehesten hat sich folgenden Apparat (Fig. 231) konstruirt und bei einem Mechaniker ausführen lassen:

Der mit Millimetertheilung versehene Winkel ist in der angegebenen Grösse aus Messing gearbeitet, welches ein klein wenig dicker ist als ein Objektträger einschliesslich des Schliffes und

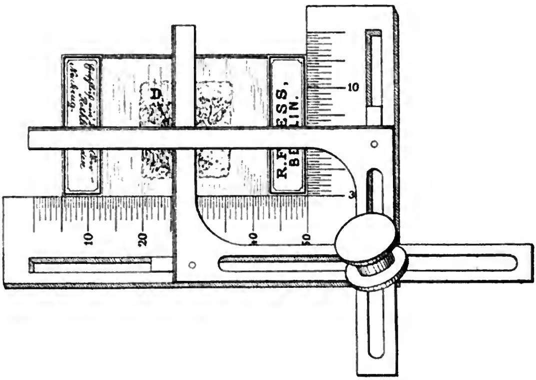
---

[1]) Vergl. hierüber auch S. 561 und 562.

Deckgläschens. In einer am äusseren Rande der beiden Arme angebrachten Nuth lassen sich zwei dünne Messingstäbchen, jedes rechtwinkelig geschnitten und am einen Arme ebenfalls mit Nuthe, am andern mit zugeschärftem Rande versehen, leicht hin und her bewegen und durch eine Schraube [1]) fest stellen.

Will man nun einen Punkt D des Präparates fixiren, so stellt man denselben unter das Fadenkreuz ein, befestigt den Schliff mit der Klemmfeder, schiebt den Apparat an den Schliff heran, so dass

Fig. 231.



eine ein für allemal, z. B. durch die Art der Etikettirung, bestimmte Ecke desselben in dem Scheitel des Winkels liegt, und stellt nun die beiden Schieber so ein, dass sie sich gleichfalls unter dem Fadenkreuze schneiden. Nun braucht man nur die beiden Zahlen zu notiren, auf denen die Zeiger stehen und ist so in der Lage, jederzeit mit Sicherheit die gewünschte Stelle wieder zu finden, indem man in derselben Weise rückwärts verfährt. Natürlich kann man auf diese Weise eine beliebige Zahl von Stellen eines und desselben Schliffes fixiren.

9. Wenn man von einem Gesteine oder Mineral einen Dünnschliff haben will, der einem gewünschten Schnitte entspricht, beispielsweise rechtwinkelig oder parallel zur Schichtung, oder bei einem

[1]) Durch ein Versehen des Zeichners hat diese Schraube im Bilde eine schiefe Stellung.

Ganggesteine quer zum Streichen, oder bei einem Minerale parallel oder senkrecht zu irgend einer Achse, so muss man als vorbereitende Arbeit aus dem Mineral oder Gestein eine Platte herausschneiden, welche die gewünschte Orientirung besitzt. Zu dieser Arbeit bedient man sich einer der zahlreichen Steinschneidemaschinen, die es in den verschiedensten Konstruktionen giebt. Es ist an dieser Stelle unmöglich, in eine eingehende Besprechung des Gebrauches derselben einzutreten. Ich muss mich vielmehr begnügen mit einer Angabe der in der Litteratur vorhandenen Beschreibungen solcher Maschinen, die ich nach Cohen's Zusammenstellung gebe:

G. Steinmann, Eine verbesserte Steinschneidemaschine. Neues Jahrb. f. Min. 1882. II. S. 46—54.

J. Rumpf, Eine Kabinets-Steinschneide-Maschine. Tschermak's min. Mitth. 1881. IV. S. 409—414.

H. Rauff, Ueber eine verbesserte Steinschneidemaschine, sowie über einen von M. Wolz in Bonn konstruirten, damit verbundenen Schleifapparat zur Herstellung genau orientirter Krystallplatten. Verh. d. Nat. Ver. f. Rheinl.-Westf. Corr.-Bl. 1886. S. 130—139; Neues Jahrb. f. Min. 1888. II. S. 230—246.

R. Fuess, Ueber eine Orientirungsvorrichtung zum Schneiden und Schleifen von Mineralien nach bestimmten Richtungen. Neues Jahrb. f. Min. 1889. II. S. 181—185.

G. H. Williams, A new machine for cutting and grimling thin sections of rocks and minerals. John Hopkin's Univ. Circ. 1886. XII. Nr. 103. 47; Amer. Journ. of science. 1893. (3) XLV. S. 102—104.

Es mag zum Schlusse noch bemerkt werden, dass man sich, auch ohne die Absicht auf orientirte Schliffe, die ganze Schleifarbeit sehr abkürzen kann, dadurch, dass man sich mit der Schneidemaschine schon Plättchen von 2 mm und weniger Dicke herstellt. Mit einer guten Maschine kann man eine Schnittfläche von gewöhnlicher Grösse bei Basalt z. B. in 5 Minuten, den 1 mm dicken Schliff also in 10 Minuten herstellen.

Kapitel 68.

Chemische Reaktionen an Dünnschliffen.

1. Ueber die Isolirung kleiner Partien aus Dünnschliffen.

Soll ein Mineral einer bestimmten Stelle eines Dünnschliffs untersucht werden, so entfernt man zunächst das Deckgläschen und den leicht schmelzbaren Kanadabalsam, und bedeckt den Schliff mit

ausgekochtem Balsam, lässt ihn hart werden und stellt dann unter dem Mikroskop bei schwacher Vergrösserung das zu untersuchende Mineral in der Mitte des Gesichtsfeldes ein. Darauf schiebt man das durchbohrte (s. S. 504), sorgfältig gereinigte Deckgläschen so unter das Mikroskop, dass die trichterförmige Oeffnung sich oben befindet, die Unterseite des Deckgläschens aber den harten Kanadabalsam des Schliffes berührt; dann schiebt man dasselbe so lange hin und her, bis die Oeffnung sich genau über dem zu untersuchenden Minerale befindet und legt darauf den Dünnschliff vorsichtig so lange auf die durch Wasserdampf erhitzte Glastafel, bis geschmolzener Kanadabalsam aus der Oeffnung des Deckgläschens herausquillt. Darauf lässt man erkalten und wäscht den die Oeffnung füllenden Kanadabalsam mit einem Haarpinsel, der in Spiritus getränkt ist, sorgfältig heraus, indem man von Zeit zu Zeit mit reinem Löschpapier den Alkohol von dem Deckgläschen wegnimmt und theils unter der Lupe, theils unter dem Mikroskop beobachtet, ob das zu untersuchende Material frei liegt oder nicht. Ist ersteres der Fall, dann ist es nach den Seiten von Kanadabalsam umschlossen, und ein auf die Oeffnung des Deckgläschens gebrachter Tropfen eines Lösungsmittels kann jetzt nur noch auf das zu untersuchende Mineral wirken.

2. Behandlung mit Säuren, besonders mit Salzsäure.

a) Zur Prüfung auf durch Säuren zersetzbare oder in solchen leicht lösliche Verbindungen.

Will man einen Dünnschliff mit Säuren auf darin lösliche oder leicht zersetzbare Mineralien prüfen, so kann dies bei Anwendung von kalter Salzsäure direkt auf dem vom Deckgläschen befreiten Dünnschliffe ausgeführt werden; ist es nothwendig, auf dem Wasserbade zu erhitzen, so muss das Präparat vom Objektträger abgehoben und gereinigt werden, da sonst der Balsam aufquillt und das Präparat zerstört. Die Reinigung geschieht am besten erst mit Alkohol, zuletzt mit Aether [1]).

Uebrigens darf man aus der Unangreifbarkeit eines Dünnschliffminerals Säuren gegenüber nicht auf dessen chemisches Verhalten im Allgemeinen schliessen, da viele solcher Mineralien, besonders Feldspäthe, in Pulverform sehr bedeutend angegriffen werden. Ein Kontrolversuch ist in dieser Hinsicht also nothwendig.

[1]) Cohen, Zusammenstellung petrogr. Untersuchungsmethoden. S. 44.

Ueber die Untersuchung auf Nephelin[1]) *siehe:*

A. Streng, Ueber die mikroskopische Unterscheidung von Nephelin und Apatit. Tscherm. min. Mitth. 1876. S. 167—170.

Ueber Färbung mit Fuchsinlösung nach der Aetzung[2]) *siehe:*

Cohen, Sammlung von Mikrophotographien, Tafel XLIX. S. 3—4.

R. Bréon, Sur l'association cristallographique des feldspaths tricliniques. Comptes Rendus. 1886. CIII. S. 170—172.

A. Pelikan, Ein neues Cordieritgestein vom Mte. Doja in der Adamellogruppe. Tscherm. miner. u. petrogr. Mitth. 1891. XII. S. 158—159.

Zur Unterscheidung von Quarz und Feldspath in Dünnschliffen mittelst Färbung theilt Becke[3]) Folgendes mit:

In den krystallinischen Schiefergesteinen ist die Unterscheidung von Quarz und Feldspath dann ziemlich schwierig, wenn die Individuen unter eine gewisse Grösse herabsinken. Auch bei gröber gemengten Gesteinen ist es bei Anwendung der ausgebildeten optischen Methoden leichter, das Vorhandensein von Quarz und Feldspath überhaupt zu erweisen, als ein Bild von den Mengenverhältnissen und der Vertheilung dieser Minerale zu gewinnen. In beiden Fällen wende ich eine Methode an, welche schöne Resultate liefert und sehr leicht ausführbar ist. Die gereinigte Schlifffläche wird mit Flusssäure durch einige Sekunden geätzt, hierbei wird Quarz einfach gelöst, Feldspath unter Abscheidung amorpher kieselflusssaurer Thonerde oberflächlich zersetzt. Die Säure wird vorsichtig abgespült und die Schlifffläche mit einem Tropfen von Anilinfarbstofflösung benetzt. Nach längerer Einwirkung wird dieselbe vorsichtig abgespült. Nun erscheinen die Feldspathe mit Farbe imbibirt, der Quarz farblos. Wird die Einwirkung der Flusssäure rechtzeitig unterbrochen, so kann man es dahin bringen, dass

[1]) Diese Methode ist natürlich nur mit Vorsicht anzuwenden, um Verwechselungen mit anderen natronreichen, durch Salzsäure zersetzbaren Silikaten zu vermeiden. (Vergl. H. Bücking, Basaltische Gesteine aus der Gegend westlich vom Thüringer Wald und aus der Rhön. Jahrb. Preuss. Geol. Landesanst. f. 1880. S. 156.)

[2]) Färbung mit Fuchsinlösung ist besonders nothwendig, wenn die zu prüfende Substanz isotrop ist, und zur Entscheidung, ob gelatinöse oder pulverige Kieselsäure sich bei der Zersetzung eines Silikates ausscheidet. Empfehlenswerth ist die Methode übrigens in allen Fällen, um einen besseren Ueberblick über die Menge der angegriffenen Theile zu erhalten.

[3]) Tschermaks miner. u. petrogr. Mitth. 1888. X. S. 90 und 1891. XII. S. 257.

bloss der Feldspath gefärbt wird. Lässt man länger einwirken, so färben sich auch Glimmer, Chlorit und andere Silikate. Vorsicht ist beim Abspülen der Säure zu gebrauchen, damit die Zersetzungsprodukte von der Oberfläche der Feldspäthe nicht weggeschwemmt werden.

Es gelingt durch entsprechende Abstufung der Aetzung leicht, auch die verschiedenen Feldspatharten zu unterscheiden. Orthoklas nimmt die Färbung viel schwieriger an als Plagioklas; unter letzterem sind die kalkreichen leichter färbbar als die natronreichen. So gelingt es, Schliffe, welche Orthoklas, sauren Plagioklas und Quarz enthalten, derart zu ätzen, dass der Plagioklas intensiv gefärbt wird, Orthoklas eben nur die Aetzung erkennen lässt, während der Quarz vollkommen unverändert erscheint. In basischen Gesteinen gelang es, die kalkreichen Kerne der Plagioklase zu färben, während die natronreiche Hülle unverändert blieb. Für die Abstufung der Aetzung lassen sich bestimmte Regeln nicht geben, da die Konzentration der käuflichen Flusssäure stark variirt. Durch Verdünnen der konzentrirten Säure und durch Abänderung der Dauer muss die Aetzung jedem besonderen Falle angepasst werden. Orthoklas färbt sich nur bei Anwendung konzentrirter Säure gut. Die Ausführung der Aetzung habe ich etwas abgeändert. Auf die gereinigte Schliffläche bringe ich einen Tropfen der Säure und lasse $^1/_4$—1 Minute einwirken. Mit Fliesspapier wird vom Rande her ohne Berührung des Schliffes der Tropfen abgehoben und die dünne zurückbleibende Flüssigkeitsschicht unter Daraufblasen auf dem Wasserbade rasch verdampft. Dann kommt ein Tropfen Farblösung darauf, die über den Rand des Schliffes hinausgreifen soll. Nach 5—10 Minuten wird er mit einer Pipette abgesaugt und der Schliff durch vorsichtiges Auftropfen von Wasser abgespült (man vermeide stürmische Bewegung der Flüssigkeit). Die Farbhaut wird durch absoluten Alkohol entwässert, der Schliff sodann einige Minuten in Benzol gelegt, dann mit einem Tropfen Lavendelöl benetzt, schliesslich mit in Aether gelöstem Balsam gedeckt. Diese Einschliessmethode verhindert das Scholligwerden der Farbschicht.

Ueber die Unterscheidung kalkfreier, kalkarmer und kalkreicher Glieder der Hauyngruppe siehe:

G. A. Sauer, Untersuchungen über phonolithische Gesteine der Kanarischen Inseln. Zeitschr. f. d. ges. Nat. 1876. XIII. S. 322.

H. Rosenbusch, Mikr. Phys. II. Stuttgart 1877. S. 218.

Ueber die Unterscheidung von chloritischen Substanzen und Hornblende (besonders Uralit) siehe:

E. Cohen, Erläuternde Bemerkungen zu der Routenkarte einer Reise von Lydenburg nach der Delagoa-Bai im östlichen Südafrika. Hamb. Geogr. Ges. 1875. II. S. 196. — Ueber einige Vogesengesteine. Neues Jahrb. f. Min. 1883. I. S. 199.

Ueber die Unterscheidung von blauem Flussspath und blauen Varietäten der Hauyngruppe siehe:

O. Lang, Ueber Flussspath im Granit von Drammen. Nachr. Gött. Ges. d. Wiss. 1880. Nr. 15. S. 484—485.

b) Zur Entfernung fein vertheilter Eisenerze, chloritischer Substanzen u. s. w.

E. W. Benecke und E. Cohen, Geognostische Beschreibung der Umgegend von Heidelberg. I. S. 96. Strassburg 1879.

c) Zur Unterscheidung von Magnetit und Titaneisen [1]).

E. Cohen, Erläuternde Bemerkungen zu der Routenkarte einer Reise von Lydenburg nach etc. Hamb. geogr. Ges. 1875. II. S. 225. Anm.; S.-A. S. 55.

H. Bücking, Ueber Augitandesit und Plagioklasbasalt. Tscherm. min. u. petrogr. Mitth. 1878. I. S. 547 ff.

d) Zur Erzeugung von Aetzfiguren.

A. Knop, Ueber die Bedeutung der für Diamant gehaltenen Einschlüsse im Xanthophyllit der Schischimskischen Berge des Urals. Neues Jahrb. f. Min. 1872. S. 785—794.

E. Bořicky, Elemente einer neuen chemisch-mikroskopischen Mineral- und Gesteinsanalyse. Arch. d. Landesdurchf. Böhmens. 1877. III. Abth. 5. S. 41—48.

O. Mügge, Ueber den Krystallbau der pyrogenen Quarze. Neues Jahrb. f. Min. 1892. I. S. 2.

Vergl. auch die zahlreichen Arbeiten von H. Baumhauer in Pogg. Ann.; Schr. d. Münch. Akad.; Zeitschr. f. Kryst.; Neues Jahrb. f. Min.

e) Zur Untersuchung opaker Substanzen auf Homogenität.

Polirte Anschliffe opaker Substanzen, welche weder krystallisirt, noch auch spaltbar vorkommen, also der deutlichen Individualisirung entbehren und andererseits in den Analysen erhebliche

---

[1]) Zuweilen erhält man bei der Behandlung magnetithaltiger Dünnschliffe mit Salzsäure deutliche Aetzfiguren, indem kleine Felder vollständig gelöst werden, und ein aus dünnen Leisten bestehendes Netz übrig bleibt. Die Formen solcher Aetzfiguren können ebenfalls zur Unterscheidung von Magnetit und Titaneisen dienen.

Schwankungen aufweisen, können etwaige fremde Einlagerungen schon an und für sich bei Betrachtung mit der Lupe erkennen lassen; ausserdem aber lässt sich, ähnlich wie bei dem Meteoreisen, auch noch der Versuch anstellen, ob solche Interpositionen sich etwa auch gegen Salpeter- und andere Säuren anders als die Grundmasse verhalten [1]).

f) Zur Untersuchung der Struktur von Meteoreisen und anderen Metallen.

Um die Struktur von Eisenmeteoriten [2]) und anderen Metallen zu prüfen, kann man zwei Wege einschlagen: Man stellt sich entweder eine Platte mit zwei planparallelen Flächen her, erhitzt dieselbe kräftig auf einer nicht zu dünnen Asbestplatte und beobachtet die durch Anlauffarben sich zeigenden Oxydationserscheinungen. Homogene Metalle zeigen gleiche, verschiedene oder verschieden legirte verschiedene Anlauffarben.

Nach der zweiten Methode ätzt man die vorher polirte Fläche und zwar gewöhnlich mit verdünnter Salpetersäure. Man verfährt am besten so, dass man zunächst mit stark verdünnter Säure beginnt und, wenn dieselbe nicht hinreichend kräftig einwirkt, die Konzentration allmählich steigert. Entweder wird die Säure auf die vorher gut entfettete Platte aufgegossen oder mit einem breiten Pinsel möglichst schnell und gleichmässig unter Neigung der Platte zum Abfliessen des Ueberschusses aufgestrichen. Stets spült man schnell mit Wasser nach und untersucht von Zeit zu Zeit die angeätzte Fläche eingehender mit der Lupe oder im auffallenden Lichte unter dem Mikroskope. Dies ist auch nöthig, um Details zu sehen, die bei schwacher Aetzung hervortreten, bei stärkerer aber wieder verschwinden.

Ausser Salpetersäure sind zum Aetzen von Meteoriten noch eine Anzahl anderer Agentien vorgeschlagen (Kupfervitriollösung, Quecksilberchloridlösung, Gold- und Platinchlorid, schmelzende Alkalien, Bromwasser u. a.), worüber sowie über andere auf Meteoriten bezügliche Untersuchungsmethoden in Cohen's Meteoritenkunde Weiteres zu finden ist.

H. Behrens, Das mikroskopische Gefüge der Metalle und Legirungen. Hamburg 1894. S. 11—16.

---

[1]) H. Fischer in Zeitschr. f. Kryst. 1880. S. 363.

[2]) Cohen, Meteoritenkunde. Stuttgart 1894.

g) Behandlung mit Flusssäure zur Unterscheidung von Quarz und Feldspath.

T. Harada, Das Luganer Eruptivgebiet. Neues Jahrb. f. Min. 1883. Beil.-Bd. II. S. 14. Anm.

3. Behandlung mit verdünnter Säure und Bleinitrat, Bleiacetat oder Silbernitrat zum Nachweis des Sodaliths.

F. F. Graeff, Mineralogisch-petrographische Untersuchung von Eläolithsyeniten von der Serra de Tinguá, Prov. Rio de Janeiro, Brasilien. Neues Jahrb. f. Min. 1887. II. S. 230—231.

G. Freda, Sulle masse trachitiche rinvenute nei recenti trafori delle colline di Napoli. Rendiconti della Acad. di Napoli. 1889. (2) III. S. 39.

4. Behandlung mit verdünnter Essigsäure und Chlorbaryum zur Unterscheidung von Sodalith und Nosean.

A. Osann, Ueber ein Mineral der Nosean-Hauyn-Gruppe im Eläolithsyenit von Montreal. Neues Jahrb. f. Min. 1892. I. S. 224.

5. Prüfung auf phosphorsäurehaltige, durch Säure zersetzbare Mineralien, besonders auf Apatit, mit einer salpetersauren Lösung von molybdänsaurem Ammoniak[1]).

A. Streng, Ueber die mikroskopische Unterscheidung von Nephelin und Apatit. Tscherm. miner. Mittheil. 1876. S. 168—169. — Ueber einige mikroskopisch-chemische Reaktionen. Neues Jahrb. f. Min. 1885. I. S. 29—33.

A. Stelzner, Ueber Melilith und Melilithbasalte. Neues Jahrb. 1883. Beil.-Bd. II. S. 382.

A. Sauer, Die Krakatoa-Aschen des Jahres 1883. Ber. d. nat. Ges. zu Leipzig. 1883. S. 90.

6. Behandlung mit Reagentien zur Erzeugung leicht kenntlicher Niederschläge auf dem zu prüfenden Blättchen.

J. Lemberg, Zur mikrochemischen Untersuchung einiger Minerale. Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 1890. XLII. S. 737—752 u. 1892. XLIV. S. 224—242.

---

[1]) Die Reaktion auf Phosphorsäure direkt am Dünnschliff lässt sich wohl am einfachsten derart ausführen, dass man die verdünnte Salpetersäure nach genügender Einwirkung auf das Präparat mit einem Haarröhrchen absaugt, auf einem Objektträger zur Trockene verdampft, mit verdünnter Salpetersäure aufnimmt und nun erst die Lösung von molybdänsaurem Ammoniak hinzufügt.

— Zum mikrochemischen Nachweis des Eisens. Ebenda 1892. XLIV. S. 823 bis 824. — Zur mikrochemischen Untersuchung einiger Minerale aus der Gruppe der Lamprite (Kiese, Glanze, Blenden). Ebenda 1894. XLVI. S. 788—799.

7. Glühen der Präparate.

a) Zur Prüfung auf wasserhaltige Mineralien.

J. Lemberg, Ueber die Kontaktbildungen bei Predazzo. Zeitschr. d. D. geol. Ges. 1872. XXIV. S. 227—228.

L. van Werveke, Mineralogisch-petrographische Mittheilungen. Neues Jahrb. f. Min. 1880. II. S. 270.

b) Zur Unterscheidung von Nephelin und Cancrinit.

E. Cohen, Neues Jahrb. 1883. II. Referate S. 371.

c) Zur Bestimmung und Entfernung kohliger Substanzen und zur Unterscheidung derselben von opaken Erzen.

Man verfährt am zweckmässigsten derart, dass man das vom Objektträger abgeschobene und vom Kanadabalsam vollständig gereinigte Blättchen erst mit Salzsäure digerirt, dann glüht und schliesslich noch einmal mit Salzsäure digerirt. Nur auf diese Weise kann man die relativen Mengen von Eisen und organischen Partikeln richtig abschätzen oder für eine genaue Untersuchung hinreichend klare Präparate erzielen, da die kohligen Substanzen nach dem Glühen meist Häutchen von Eisenoxyd hinterlassen. Die in Schiefern dann noch übrig bleibenden undurchsichtigen Körner und Kryställchen mit matter Oberfläche bestehen, wie es scheint, aus etwas verändertem Eisenkies. Bei der Prüfung auf Graphit ist zuweilen ein sehr starkes und anhaltendes Glühen vor dem Gebläse nothwendig, und bei negativem Resultat sollte stets noch ein Glühversuch mit dem Pulver ausgeführt werden, da Graphit bekanntlich selbst im Sauerstrom oft ausserordentlich schwer verbrennt. (Vergl. E. W. Benecke und E. Cohen, Geognostische Beschreibung der Umgegend von Heidelberg. I. S. 30—31. Strassburg 1879.)

d) Zur Untersuchung pleochroitischer Höfe.

Bei Mineralien mit pleochroitischen Höfen, Cordierit, farblosem Andalusit u. a. lassen sich durch anhaltendes Glühen des Präparates dieselben entfernen. Vergl. darüber:

H. Rosenbusch, Die Steiger Schiefer und ihre Kontaktzone an den Granititen von Barr-Andlau und Hohwald. Abh. der geol. L.A-. f. Els.-Lothr. I. 2. 1877. S. 221—222.

A. Michel-Lévy, Sur les noyaux à polychroïsme intense du mica noir. Comptes rendus. 1882. XCIV. Nr. 17. S. 1196—1198; Bull. Soc. Min. 1882. V. S. 133—136. — Propriétés optiques des auréoles polychroïques. Comptes rendus. 1890. CIX. Nr. 26. S. 973—976.

H. Gylling, Några ord om Rutil och Zirkon med särskild hänsyn till deras sammanväxning med Glimmer. Geol. Fören. Förh. 1882. VI. S. 167.

H. Wulf, Beitrag zur Petrographie des Hererolandes in Südwestafrika. Tscherm. min. u. petr. Mitth. 1887. VIII. S. 206—208.

E. Cohen, Ueber pleochroitische Höfe um Biotit. Neues Jahrb. 1888. I. S. 165—169.

E. Weinschenk, Vergleichende Studien über die dilute Färbung der Mineralien. Zeitschr. f. anorg. Chem. XII. 1896. S. 375—392.

e) Zur Erzeugung von Spaltungsdurchgängen.

E. Cohen, Ueber einen Eklogit, welcher als Einschluss in den Diamantgruben von Jagersfontein, Oranje-Freistaat, Südafrika, vorkommt. Neues Jahrb. 1879. S. 866.

f) Zur Unterscheidung eisenreicher Mineralien von eisenarmen oder eisenfreien.

Das Glühen der Präparate kann auch zu dem Zwecke erfolgen, eisenreiche von eisenarmen oder davon freien Mineralien zu unterscheiden. Gümbel[1]) empfiehlt diese Methode zur Unterscheidung kleiner Olivin- und Augitkörner; es ist indessen Vorsicht geboten, da manche Augite sich beim Glühen ebenfalls rothbraun färben. Die Reaktion weist natürlich nur nach, dass eisenoxydulhaltige, leicht oxydirbare Mineralien vorliegen.

Fuchs erzeugte eine totale Rothfärbung des Olivins durch ³/₄stündiges Glühen auf dem Gebläse, wobei er vollkommen durchsichtig blieb (Neues Jahrb. f. Min. 1869. S. 577).

Corstorphine[2]) konnte durch Glühen Hornblende und Augit im Präparate deutlich unterscheidbar machen, da die grüne Hornblende braun und stark absorbirend wurde, während eine solche

---

[1]) Die paläolithischen Eruptivgesteine des Fichtelgebirges. München 1874. Seite 3.

[2]) Tscherm. min. Mitth. 1895. S. 450.

Umwandlung bei ganz ähnlich aussehenden rhombischen oder monoklinen Augiten sich nicht erzielen liess. Die Analogie der Erscheinung bei winzigen Mikrolithen liess den Schluss zu, dass auch diese der Hornblende zuzuzählen sind.

g) *Zur Erzeugung von Pleochroismus.*

Zur besseren Sichtbarmachung des Pleochroismus im Cordierit kann man denselben, wie bereits Bořicky[1]) angab, glühen. Salomon[2]) erhielt die besten Resultate bei schwachem, aber lange anhaltendem Glühen. Bei starkem Glühen verschwand der Pleochroismus wieder, es zeigte sich aber dann eine andere Erscheinung, die zur Unterscheidung des Cordierits von Quarz und Feldspath benützt werden konnte. Während nämlich diese beiden Mineralien klar und frisch bleiben, bräunt sich der Cordierit in ganz eigenthümlicher Weise. Die Bräunung ist zwar nur schwach, aber vollkommen ausreichend, um die Unterscheidung mit Sicherheit vornehmen zu können. Der Cordierit erscheint nach dem Glühen wie mit einem feinen braunen Pulver überstreut, während seine zersetzten Stellen sich durch Ausscheidung ihres Eisengehaltes dunkelbraun färben. Cohen[3]) bemerkt dazu, dass die Cordierite verschiedener Fundorte sich in dieser Hinsicht verschieden verhalten und dass das Nichteintreten einer bräunlichen Färbung daher nicht als Beweis gegen die Cordierit-Natur des betreffenden Minerals betrachtet werden darf.

h) *Zur Erzeugung der blauen Färbung bei Gliedern der Hauyngruppe.*

H. Vogelsang, Ueber die natürlichen Ultramarinverbindungen. Bonn 1874. S. 33.

---

[1]) Elemente einer neuen chemisch-mikroskopischen Mineral- und Gesteinsanalyse. Arch. d. naturw. Landesdurchforsch. von Böhmen. 1877. III. Abth. 5. S. 49—52.

[2]) Geologische und petrographische Studien am Monte Aviólo im italienischen Antheil der Adamellogruppe. Zeitschr. d. D. geol. Ges. 1890. S. 516.

[3]) Zusammenstellung petrogr. Untersuchungsmethoden. Stuttgart 1896. Seite 49.

i) Zur Bestimmung des Tridymits [1]).

8. Glühen mit Kobaltsolution zur Unterscheidung thonerdehaltiger und thonerdefreier Mineralien [2]).

E. Bořicky, Elemente einer neuen chemisch-mikroskopischen Mineral- und Gesteinsanalyse. 1877. III. Abth. 5. S. 52.

9. Glühen und Behandeln mit Schwefelammonium zur Unterscheidung von Calcit und Braunspath.

A. Lagorio, Mikroskopische Analyse ostbaltischer Gebirgsarten. Dorpat 1876. S. 20—21.

10. Glühen in Schwefeldampf zur Blaufärbung der Glieder der Hauyngruppe.

L. Dressel, Mittheilungen vom Laacher See. Neues Jahrb. 1870. S. 565.

A. Knop, Ueber eine mikrochemische Reaktion auf die Glieder der Hauynfamilie. Neues Jahrb. 1875. S. 74—76.

11. Nachweis von metallischem Eisen durch Behandlung mit einer Lösung von Kupfervitriol oder wolframsaurem Salz.

F. Leydolt, Ueber den Meteorstein von Borkut. Schr. d. Wiener Akad. 1856. XX. S. 400.

A. E. Törnebohm, Ueber die eisenführenden Gesteine von Ovifak und Assuk in Grönland. Vetensk. Akad. Förh. Bihang. Stockholm 1878. V. Nr. 10. S. 7 ff. [3]).

---

[1]) Nach brieflicher Mittheilung von F. Rinne an E. Cohen kann man die Eigenschaft des Tridymits, bei mässiger Erhitzung (auf ca. 135°) isotrop zu werden, zur Erkennung desselben im Dünnschliff verwenden; doch muss man Schnitte senkrecht zur ersten Mittellinie auswählen, da solche, welche senkrecht zur zweiten Mittellinie orientirt sind, nur Spuren von Veränderung wahrnehmen lassen.

[2]) Diese Methode ist wohl stets anzuwenden, wenn es sich um sichere Unterscheidung von talk- und glimmerartigen Mineralien (Muskovit, Paragonit, Sericit, lichtem Chlorit u. s. w.) handelt. Das von Kanadabalsam vollständig gereinigte Blättchen wird auf einem Platindeckel mit stark verdünnter Kobaltsolution befeuchtet, zur Erhöhung der Temperatur unter Bedeckung mit einem Platintiegel vor dem Gebläse stark geglüht und dann mit verdünnter Salzsäure digerirt. Die gleichen Operationen sind in der Regel mehrfach zu wiederholen, bevor ein gutes Resultat erzielt wird.

[3]) Da meteorisches Nickeleisen sich zuweilen gegen neutrale Kupfervitriol-

A. von Lasaulx, Reaktion zum Nachweise metallischen Eisens in Schlamm- und Staubmassen. Verh. d. naturw. Ver. f. Rheinl.-Westf. 1882. XXXIX. S. 212.

12. Behandlung mit Bromwasser zur Entfernung von Eisen und Schwefeleisen.

J. Bosscha jr., Ueber den Meteorit von Karang Modjo oder Magetan auf Java. Neues Jahrb. f. Min. Beil.-Bd. 1887. V. S. 130.

13. Unterscheidung von Hydromagnesit und Karbonaten.

Durch Glühen und Behandeln mit einer Lösung von salpetersaurem Silberoxyd.

J. Lemberg, Ueber die Kontaktbildungen bei Predazzo. Zeitschr. d. D. geol. Ges. 1872. XXIV. S. 226 ff.

14. Unterscheidung von Calcit und magnesiareichen Karbonaten.

a) Durch Behandeln mit Eisenchloridlösung und Schwefelammonium.

Mehrere Methoden zur Unterscheidung von Calcit und magnesiareichen Karbonaten hat J. Lemberg[1]) angegeben. Aus Eisenoxydsalzlösungen wird in der Kälte das Eisen als Hydroxyd durch Calcit sehr rasch, durch Dolomit dagegen sehr langsam ausgefällt. Als Lösung benützt man eine HCl-freie Auflösung von 1 Theil krystallisirtem Eisenchlorid ($Fe_2Cl_6 + 12H_2O$) in 10 Theilen Wasser; etwa abgeschiedenes basisches Salz wird durch Filtration entfernt. Lässt man diese Lösung auf grob gepulverten Calcit einige Sekunden einwirken, giesst die Lösung ab und wäscht durch Dekantiren aus, so trägt jedes Korn einen hellbraunen Ueberzug von Eisenhydroxyd, der sich beim Uebergiessen einer Schwefelammonlösung in Folge Umwandlung in FeS tiefschwarz färbt. Dolomit dagegen erscheint nach Behandeln mit Eisenchlorid unverändert, da das entstandene Eisenhydroxydhäutchen zu dünn ist, als dass es wahrgenommen werden könnte. Durch Behandeln mit $(NH_4)_2S$ da-

---

lösung passiv verhält, so wird man, wenn es sich um Meteoritendünnschliffe handelt, am besten stets schwach angesäuerte Lösungen verwenden.

[1]) Zeitschr. d. D. geol. Ges. 1892. S. 823.

gegen färben sich die Dolomitkörnchen und erscheinen im auffallenden Lichte blassgrün. In einem Gemenge von Calcit und Dolomit kann man nach dieser Methode beide Mineralien trefflich unterscheiden.

Wenn man das Eisen mit Schwefelammonium als Schwefeleisen ausgefällt hat, so oxydirt es sich sehr leicht, so dass es unmöglich ist, Dauerpräparate anzufertigen. Letzteres gelingt, wenn man das FeS in Preussisch-Blau überführt, was in folgender Weise geschieht: Nachdem das überschüssige Schwefelammon, welches zur Herstellung des FeS verwendet wurde, mit Wasser abgespült ist, giebt man eine konzentrirte wässerige Lösung von Ferridcyankalium hinzu; die Umsetzung des FeS zu Preussisch-Blau beginnt sofort und ist nach etwa 8 Minuten beendet, doch ist es gut, wenn man die Ferridcyankaliumlösung einmal erneuert, etwa nach Verlauf der ersten halben Minute. Das Abspülen des überschüssigen $(NH_4)_2S$ sowie das Zugeben der Ferridcyankaliumlösung muss so rasch als möglich erfolgen, weil das FeS sich sehr geschwind oxydirt. Die mit Preussisch-Blau bedeckten Stellen sind nicht gleichmässig gefärbt, hell- und dunkelblaue Stellen wechseln ab, auch schwindet der Farbstoff beim Trocknen, so dass kleine farblose Stellen die blau gefärbten durchsetzen. Bei sehr feinem Korn des zu untersuchenden Gesteins versagt die Methode.

b) Mit einer Lösung von phosphorsaurem Ammoniak in Essigsäure.

Linck[1]) fand, dass aufgekittete, oben vom Kanadabalsam gereinigte Dünnschliffe reinen isländischen Doppelspathes, mit einer Lösung von phosphorsaurem Ammon in verdünnter Essigsäure behandelt, sich in nicht allzu langer Zeit vollständig auflösen, während gleiche Präparate von Dolomit und Magnesit nur oberflächlich wenig zersetzt werden und sich sofort mit einer die weitere Einwirkung der Essigsäure verhindernden Schicht von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia bedecken. Die Behandlung wurde stets auf 24 Stunden ausgedehnt. Schon bei einem Gehalte von 12—15 % Magnesiumkarbonat wurden die Dünnschliffe erheblich angegriffen. Seine Lösung stellte Linck sich her aus 20 cm^3 offizineller Phosphorsäure, welche mit Ammoniak schwach übersättigt, mit 30 cm^3 offi-

[1]) Abh. zur geolog. Spezialkarte von Elsass-Lothr. Bd. III. Heft 1. S. 17. Strassburg 1884.

zineller Essigsäure gemischt und auf ca. 100 cm^3 mit destillirtem Wasser verdünnt wurde. Zweckentsprechender dürfte es vielleicht sein, eine der Phosphorsäure äquivalente Menge Essigsäure zu verwenden, da man dann die gleiche Flüssigkeit bis zum Aufhören jeder Wirksamkeit immer wieder benützen kann.

c) *Mit Blauholz-Chloraluminiumlösung.*

Stört die Schwarzfärbung des Calcit bei obiger Behandlung, so kann man nach Lemberg[1]) folgendes Verfahren einschlagen.

Aus Aluminiumsalzlösungen wird durch Calcit in der Kälte Thonerdehydrat rasch und vollständig gefällt, wogegen diese Reaktion beim Dolomit sehr viel langsamer eintritt. Wird ferner Thonerde bei Gegenwart eines Farbstoffes aus Al-Salzlösungen niedergeschlagen, so verbindet sich dieselbe gewöhnlich mit dem Farbstoff zu einem in Wasser unlöslichen sogen. Lacke, der je nach dem Farbstoffe verschieden gefärbt ist. Zur Prüfung der Karbonate dienen folgende Lösungen: 4 Theile trockenes Chloraluminium Al_2Cl_6 werden in 60 Theilen Wasser gelöst, 6 Theile Blauholz (Haematoxylon campechianum) zugegeben und dann 25 Minuten unter Umrühren und Ersatz des verdampften Wassers gekocht und die tief violette Lösung filtrirt. Behandelt man nun reinen Kalkspath oder Marmor mit solcher Lösung 5—10 Minuten lang und spült dieselbe dann vorsichtig mit Wasser ab, so erscheinen die Kalkspathkörner durch oberflächlich abgelagerte Hämatoxylinthonerde violett gefärbt. Dolomitkörner dagegen sind nach 10 Minuten noch fast farblos und erst nach 20 Minuten erscheinen spärliche, kleine, blassblaue Stellen. Künstliche und natürliche Gemische beider Mineralien liessen sich auf diese Weise trefflich trennen. Die zweckmässigste Dauer der Einwirkung ermittelt man durch Versuche; es ist angebracht, die Färbung des Calcites nicht weiter zu treiben, als zur deutlichen Erkennung nothwendig ist, da die Thonerdehäutchen beim Abspülen mit Wasser um so leichter haften bleiben, je dünner sie sind.

---

[1]) Zeitschr. d. D. geol. Ges. 1888. S. 357—359.

Kapitel 69.

Untersuchung von Mineralkohlen.

F. Schulze, Ueber das Vorkommen wohlerhaltener Cellulose in Braunkohle und Steinkohle. Monatsber. d. Berl. Akad. 1855. S. 676—678.

Wiesner[1]) giebt zur Unterscheidung von Braunkohle, Steinkohle, Anthrazit und Graphit eine Untersuchungsmethode an, die sich auf das Verhalten dieser Körper gegen eine Chromsäurelösung bezieht. Näheres darüber ist an der bezeichneten Stelle nachzulesen.

Dem unten angeführten Werke Gümbel's[2]) entnehmen wir über diesen Gegenstand Folgendes:

Um Torf, Braunkohlen, Steinkohlen oder Anthrazit zur Untersuchung im durchfallenden Lichte unter dem Mikroskope vorzubereiten, bedarf es einer besonderen Behandlungsweise, durch welche die, selbst in dünnsten Splittern, völlig undurchsichtigen Stoffe durchsichtig zu machen sind. Das zuerst von Franz Schultze[3]) in Rostock angewendete und später von Gümbel verbesserte Verfahren besteht darin, dass man die zerkleinerte Kohle mit einem Gemenge behandelt, welches aus einer gesättigten Lösung von Kaliumchlorat in Wasser und einer Salpetersäure vom spezifischen Gewichte 1,47 zusammengesetzt ist. Bei zu energischer Einwirkung auf wasserstoffreichere, zumeist jüngere Kohlen kann man diese Mischung beliebig verdünnen. Man lässt sie in der Kälte tagelang auf die Proben einwirken, und erkennt den fortschreitenden Erfolg der Einwirkung an der Färbung der Flüssigkeit. Ist dieselbe nur eine hellgelbe, so versucht man den Oxydationsprozess dadurch zu steigern, dass man das Gemenge erwärmt. Bleibt der Erfolg auch dann aus, so vermengt man ungelöstes Kaliumchlorat mit der Kohlenprobe und übergiesst das Gemenge in einem Probirgläschen mit konzentrirter Salpetersäure. Dieser Prozess ist mit grosser Vorsicht einzuleiten, einmal weil dabei das ungemein giftige Chlorgas in Freiheit gesetzt wird, und sodann, weil bei den stattfindenden chemischen Umsetzungen sich sehr leicht eine ungeheuer explo-

---

[1]) Sitzungsberichte der Wiener Akademie. 1892. Kl. I. S. 379—418.

[2]) Gümbel, C. W., Beiträge zur Kenntniss der Texturverhältnisse der Mineralkohlen. Sitzungsber. der math.-phys. Klasse der k. bayer. Akad. d. Wiss. 1883. Heft I. S. 111—216. Mit 3 Taf.

[3]) Monatsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1855. S. 675.

sive, ölige Substanz in kleinen Tröpfchen ausscheidet, die aus Chlorstickstoff besteht und in Folge ihrer fast ohne jede äussere Veranlassung stattfindenden heftigen explosiven Zersetzungen leicht Unheil anrichten kann. Aber selbst diesem Verfahren setzen manche Anthrazite und ältere anthrazitische Faserkohlen einen so energischen Widerstand entgegen, dass selbst bei Anwendung von Kochhitze nur geringe Mengen der Substanz zersetzt, und nur ganz feine Splitter durchscheinend werden. In solchen Fällen kommt man manchmal zum Ziele, wenn man der Chloratbehandlung ein Kochen der Substanz in konzentrirter Schwefelsäure voraufgehen lässt, wodurch wenigstens einzelne Kohlentheile bei nachheriger Behandlung mit Salpetersäure hinreichend durchsichtig werden. Diejenigen Anthrazite, die selbst solchen starken Mitteln gegenüber sich noch widerspenstig zeigen, kann man nur dadurch in eine für die mikroskopische Untersuchung geeignete Form überführen, dass man sie langsam einäschert, wodurch in dünnen Splittern die pflanzliche Textur oft ausgezeichnet sichtbar wird.

Die grosse Mehrzahl der Steinkohlen, sowie alle Braunkohlen und Torf färben aber schon die zuerst genannte, von Gümbel als Bleichflüssigkeit bezeichnete Mischung tiefbraun und entfernen aus der Kohle bereits so viel Substanz, dass ein für die mikroskopische Betrachtung geeigneter Rückstand bleibt, bei dem nur die tiefbraune Färbung störend ist. Die Kohlenstückchen haben, wenn der Prozess so weit vorgeschritten ist, eine licht braungelbliche Färbung angenommen. Um nun die durch gelöste Humussubstanzen bedingte dunkelbraune Färbung zu beseitigen, darf man nicht etwa die Bleichflüssigkeit mit Wasser versetzen, weil dabei sofort unlöslicher Humus in Flocken ausfallen, die Kohlenstückchen umhüllen, und die mikroskopische Untersuchung erschweren würde. Ebensowenig empfiehlt es sich, durch Zusetzung von Ammoniak zu einer Verdünnung und Auswaschung zu schreiten, weil dieser nach Gümbel's Erfahrungen die pflanzliche Textur der zurückbleibenden Kohlenstückchen sehr leicht verwischen und unter Umständen gänzlich zerstören kann. Man giesse vielmehr die Bleichflüssigkeit von der Probe vollständig ab und füge dann zu der letzteren starken Alkohol hinzu, welcher die Humussubstanzen auflöst und den Kohlenstückchen einen hohen Grad von Durchsichtigkeit verleiht. Es kann indessen der Fall eintreten, dass selbst der Alkohol den Rückstand der Kohlensubstanz mehr oder weniger auflöst, was wohl meist auf eine zu energische Oxydation zurückzuführen ist.

Aus diesem Grunde thut man gut, einen Theil des Rückstandes schon vor der Behandlung mit Alkohol unter das Mikroskop zu bringen, weil man dabei häufig noch Details sieht, die später durch den Alkohol fortgenommen werden. Ueberhaupt hängt das volle Gelingen des Versuches einzig und allein davon ab, dass man den Zeitpunkt gut abpasst, in welchem die Oxydation der Kohle den richtigen Grad erreicht hat. Es empfiehlt sich, einer richtigen Beurtheilung dieses Momentes mit Hülfe einiger systematischer Vorversuche näher zu kommen.

Was die Beschaffenheit der für solche Untersuchungen zu verwendenden Kohlenstücke anlangt, so hängt dieselbe von deren Struktur ab. Am vortheilhaftesten nimmt man möglichst dünne, plattenförmige Splitter, doch ist es oft unmöglich, solche zu gewinnen. Die Präparirung von Dünnschliffen liefert zwar ein sehr brauchbares Material, aber verglichen mit dem zu ihrer Herstellung erforderlichen Zeitaufwande liefern sie keinen entsprechend grösseren Vortheil, als die mit dem Hammer gewonnenen flachen Splitter. Es empfiehlt sich, diese Splitter sowohl parallel der Schichtfläche, als senkrecht zu derselben zu schlagen und einer gesonderten Behandlung und Untersuchung zu unterwerfen.

Die in Begleitung der Steinkohlen auftretenden verschiedenen Schieferarten sind ebenfalls öfter sehr reich an wohlerhaltenen Pflanzenresten und können durch Flusssäure, welche die, die kohligen Substanzen einschliessenden, erdigen Theile auflöst, für die nachherige Behandlung mit Bleichflüssigkeit vorbereitet werden. Dies gilt namentlich auch von denjenigen Pflanzenresten des Schiefers, die mit Kohlenrinde erhalten sind, wie Blätter und Fiederchen. Sie können durch dieses Mittel bisweilen in zusammenhängenden Partien von der Schiefermasse losgelöst und dann weiter behandelt werden.

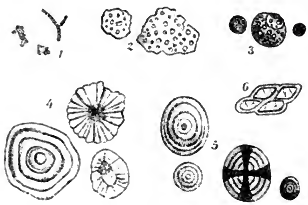
Aus bituminösen, mergligen Gesteinen, wie sie in Begleitung von Stein- und Braunkohlen bisweilen auftreten, löst man durch Behandlung mit verdünnter Salzsäure den Kalk aus und erhält dann meist einen zusammenhängenden Körper, der sich wie erdige Schieferkohle verhält und weiterer Behandlung wie oben unterworfen werden kann.

Besonders harzreiche Kohlenarten (Pyropissit, Bogheadkohle) werden mit einem oder mehreren der Lösungsmittel für Harze (Alkohol, Aether, Schwefelkohlenstoff, Chloroform, Benzin u. a.) vom Harze befreit und dadurch die kohlige Substanz den Einwirkungen der Bleichflüssigkeit zugänglicher gemacht.

Den grössten Widerstand setzen von den Pflanzentheilen die Gebilde der Epidermis, die Sporen und Indusien von Farnen, die Pollen von Koniferen und anderes den chemischen Einwirkungen entgegen. Diese Fähigkeit bleibt ihnen, auch wenn sie den Verkohlungsprozess durchgemacht haben. Wenn man daher die mit der Bleichflüssigkeit vorbereiteten Kohlenproben noch weiter mit verdünnten Alkalien behandelt, so geht noch ein grosser Theil der zurückgebliebenen Substanz in Lösung, und es bleiben nur eine kleine Menge von zarten Flocken und Häutchen zurück, die sich unter dem Mikroskop als die oben gekennzeichneten Gebilde ergeben.

Gümbel macht an der angeführten Stelle noch auf gewisse häufiger vorkommende Erscheinungen aufmerksam, welche zuweilen bei diesen verschiedenen Prozessen auftreten und den Unerfahrenen leicht täuschen. So können neben den kohligen Substanzen im

Fig. 232.



Rückstande Schiefersplitterchen auftreten, welche eine Art von zelliger Struktur (Fig. 232, 1) besitzen und die Vermuthung nahe legen können, dass Pflanzenfragmente vorliegen. Es finden sich ferner unter den Rückständen häufig dünne Häutchen und selbst grössere Flocken einer gelblichen oder graulichen Masse, welche von äusserst zahlreichen runden, ungleich grossen, unregelmässig vertheilten Löchern (Fig. 232, 2) durchbrochen sind und an organische Formen erinnern. Es sind harz- oder humusartige Ausscheidungen aus den Kohlen, welche sich wahrscheinlich erst in Folge der Säureeinwirkung gebildet haben. Häufig auch erscheinen unter dem Mikroskop winzig kleine, tiefbraune oder gelbliche Kügelchen, welche zuweilen in auffallend gleicher Grösse so aneinandergereiht sind, dass sie auf das Lebhafteste gewisse Algenformen vortäuschen. Noch mehr thun dies grössere, vollständig

runde Kügelchen, welche entweder kompakt oder im Inneren hohl und dann von einer Hülle umgeben sind, die aus einem der beschriebenen durchlöcherten Häutchen besteht (Fig. 232, 3). Sie erinnern wegen ihres zierlichen Aussehens an Sporen und Pollen. Da die Beobachtung an Dünnschliffen gezeigt hat, dass derartige Kügelchen in der unbearbeiteten Kohle schon vorhanden sind, und da ihre Substanz sich in der Wärme verflüchtigt und von Lösungsmitteln zum Theil aufgenommen wird, so ist wahrscheinlich ein grosser Theil dieser verschiedenartigen Gebilde nichts anderes als ein schon in der Kohle enthaltenes Fossilharz.

Es finden sich im Rückstande ferner dünne Blättchen mit konzentrischen Linien und strahlig-faserigen Streifen (Fig. 232, 4), welche häufig strahlenförmig von einem etwas exzentrischen Punkte auslaufen, so dass diese kleinen Gebilde an Fischschuppen erinnern. Auf Klüften der Kohle kommen in sehr grosser Menge derartige Blättchen vor, welche aus Kalk, Dolomit und Eisenspath, Schwefelkies, Bleiglanz oder Zinkblende bestehen und auch in der Asche in grosser Anzahl wieder erscheinen. Diese alle müssen bei der Behandlung mit der Bleichflüssigkeit in Lösung gehen und können daher im Rückstande nicht mehr vorkommen. Dagegen scheinen die Blättchen in diesem aus Quarz zu bestehen, da sie im polarisirten Lichte schwache Farben zeigen und sich in Flusssäure auflösen.

Zum Schluss erwähnt Gümbel noch zahlreicher kleiner scheibenförmig gewölbter kokkolithenähnlicher Körperchen mit zarten konzentrischen Streifen und schwacher Doppelbrechung, welche im polarisirten Lichte das schwarze Kreuz sphärolithischer Gebilde sehr schön wahrnehmen lassen (Fig. 232, 5 u. 6). Er meint, dass diese Scheibchen, die er auch in den Rückständen der in Säuren aufgelösten Kalksteine sehr häufig beobachtet hat, aus Kieselsubstanz bestehen und gleichsam die ersten elementaren Formen der beginnenden Verkieselung darstellen.

Paläontologische Methoden.

Kapitel 70.

Das Sammeln und Präpariren fossiler Pflanzen aus festen Gesteinen.

Dr. Potonié hat seine Erfahrungen auf diesem Gebiete in einem Aufsatze niedergelegt, der in Nr. 35 des XI. Jahrganges der Naturwissenschaftlichen Wochenschrift 1896 erschienen ist. Ich gebe denselben mit geringfügigen Aenderungen im Folgenden wieder:

Fossile Pflanzenreste sind nur an bestimmten beschränkten Lokalitäten zu finden, aber dort meist in reicher Fülle. Bei dem Gewicht des die Reste bergenden Gesteins, das eine Beschränkung und Auswahl gebietet, muss man über die Objekte, die am meisten das Aufsammeln lohnen, orientirt sein. Freilich ist in erster Linie nur der Pflanzenpaläontologe in der Lage, eine richtige Auswahl zu treffen, aber für den weniger Orientirten wird es doch von Vortheil sein, einige Winke zu erhalten, die ihn befähigen, den Werth seiner Aufsammlungen jedenfalls zu erhöhen.

Ist das Vorkommen der fossilen Reste an ein Humus-Flötz (Steinkohle, Braunkohle) geknüpft, so wird man im Allgemeinen im Hangenden des Flötzes eine grössere Ausbeute erwarten dürfen, als in den liegenden Bergmitteln, weil die ganz überwiegende Mehrzahl der Flötze genau wie die rezenten Moore (Wiesen- und Waldmoore) an Ort und Stelle entstanden sind, und demnach das unmittelbare Liegende namentlich unterirdische Theile von Pflanzen birgt, wie Wurzeln und Rhizome, während die deckenden Schichten vorwiegend Gelegenheit hatten, oberirdische Pflanzentheile aufzunehmen, die besonders wichtig sind.

Nur selten sind es andere als sedimentäre Gesteine, welche Reste enthalten; vorwiegend kommen diese in Thonschiefern und Schieferthonen, sodann in Kalk- und Sandsteinen vor.

Bei Halden- und Geröllmaterial sowie bei Geschieben wird man meist mit dem üblichen Handwerkszeug des Geologen, vor allem mit zwei geologischen Hämmern, einem kleineren und einem grösseren, auskommen; hat man es jedoch mit anstehendem Gestein zu thun, so ist schwereres Werkzeug, wie Brechstange, Hacke nicht zu entbehren.

Bei dem Zerschlagen des Gesteins achte man stets darauf, die Schichtungsflächen des Gesteins zu spalten. Bei milderen Thonschiefern und gut geschichteten Gesteinen macht das keine Schwierigkeit. Sind auf den Querbrüchen zu den Schichtungsflächen Kohlefäden zu sehen, so wird man das Gestein hier auseinanderschlagen. Gute Dienste leistet es vielfach, wenn das Gestein mit den Fossilresten eine Zeit lang in Wasser gelegt und dann dem Froste ausgesetzt wird. Das zu Eis werdende, in die feinen Spalten eingedrungene Wasser treibt das Gestein nach den Schichtungsflächen auseinander, da z. B. Blattreste seine Homogenität unterbrechen. Nach Heer sind in dieser Weise die besten Platten aus dem Tertiär von Oeningen gewonnen worden. Pflanzenreste in Thonen, die im feuchten Zustande knetbar sind, lassen sich in genügend brauchbarem Zustande nur herausbringen, nachdem das Gestein getrocknet ist. Die angegebene Behandlung mit Wasser ist also nicht immer brauchbar, z. B. nicht bei Schieferthon, der durch den Einfluss der Atmosphärilien schnell in kleine Partikelchen zerfällt. Eine Probe mit einem Gesteinsstückchen muss also der Anwendung der beschriebenen Methode vorausgehen.

Das Auffinden echter Versteinerungen, d. h. also solcher, die noch der anatomischen Untersuchung zugänglich sind, ist begreiflicher Weise speziell für die Botanik ganz besonders wichtig. Sie finden sich zumeist in Konkretionen. Liegt ein Fossil aus einem anderen Material vor, als das einbettende Gestein, so ist dasselbe daraufhin zu prüfen, ob es eine echte Versteinerung ist. Oft kann man schon mit der Lupe Zellenstruktur konstatiren. Fossile Hölzer sind als solche verhältnissmässig leicht zu erkennen.

Für den Geologen sind diese Reste weniger wichtig, dafür aber oft gerade Abdrücke, Steinkerne und kohlig erhaltene Reste, die unter Umständen für den Botaniker nur untergeordneten Werth haben. Dem Geologen liegt vorwiegend daran, auf Grund der

Petrefakten Horizontbestimmungen zu gewinnen und es ist hierbei allerdings gleichgültig, welchen botanischen Werth diese Objekte haben.

Es ist natürlich in erster Linie darauf zu achten, falls von ein und derselben Art viel Material vorliegt und nicht alles mitgenommen werden kann, Stücke zu sammeln, die möglichst viel bieten, die so viele Theile als möglich in organischem Zusammenhang zeigen; das werden meist die grösseren und grossen Exemplare sein, auf die man also zunächst sein Augenmerk zu richten hat. Nach Fortpflanzungsorganen an den Resten, wie Sori und Sporangien auf Farnwedeln u. s. w. muss stets gesucht werden. Es ist zweckmässig, Druck und Gegendruck eines Fossils mitzunehmen. Bei Steinkernen ist auf peinliche Erhaltung einer eventuellen Kohlenrinde zu achten, da die Aussenfläche derselben der Skulptur der Aussenfläche des Organes entspricht, die z. B. bei Lepidodendren und Sigillarien die Bestimmung allein ermöglicht.

Niemals dürfen die aufgesammelten Stücke ohne Weiteres über- und aufeinander gelegt werden, da sie sich gegenseitig leicht beschädigen und die feineren Skulpturen leiden; vielmehr müssen sie sofort in Papier gepackt werden. Ist ein Exemplar in mehrere Stücke zerfallen, so ist jedes einzelne Bruchstück für sich einzuwickeln, aber die zusammengehörigen Stücke sind zu einem grösseren Packete zu vereinigen.

Zum Transport nach dem definitiven Packort dienen am besten grosse Netze aus starker Schnur von der Form der früheren Taschenbörsen; ein solches Netz lässt sich bequem über der Schulter tragen, und nimmt eine ganz gehörige Partie von Material auf, ohne doch vorher, wie z. B. eine Tasche, unnöthig durch Raumwegnahme zu belästigen. Ein Rucksack ist ebenfalls sehr bequem, jedoch sollte man daneben immer noch zwei Sammelnetze mitnehmen.

Die Verpackung zur Versendung hat am besten so zu erfolgen, dass um die eingewickelten Stücke eine — je nach der Grösse oder mehr oder minder leichten Zerbrechlichkeit derselben — mehr oder minder dicke Umhüllung eines weichen, einen elastischen Mantel bildenden Packmaterials, wie Watte, Putzwolle, Holzwolle, Moos zu geben ist; dagegen sind Sägespähne zu vermeiden; das Ganze ist dann nochmals mit Umschnürung in einen Papierumschlag zu thun. Die so behandelten Stücke können dann ohne Weiteres in Kisten gethan werden, wobei natürlich etwaige Lücken beliebig auszufüllen sind. Die Kisten sind nicht zu gross zu wählen.

Ein Formatisiren der Stücke in dem Sinne, wie es die Petrographen mit ihren Objekten vornehmen, denen sie allen die gleiche Form und Grösse geben können, ohne sie zu entwerthen, ist natürlich bei der Mannigfaltigkeit von Gestalt und Grösse der Fossilien ausgeschlossen; jedoch können die die Fossilien tragenden Gesteinsstücke durch Wegnahme belangloser Theile und störender Vorsprünge am Rande mittelst einer scharfen, am besten mit Federung versehenen Stahlzange bequem verkleinert werden. Der Versuch, grosse Theile mit einem Male in dieser Weise wegzunehmen, ist misslich, weil dann das Stück oft quer durch den organischen Rest, resp. Abdruck durchspringt; es dürfen also nur ganz kleine Brocken nacheinander entfernt werden. Bei einiger Uebung in der Führung des Hammers, der stets mit der Vorderkante der Bahn auffallen muss, lässt sich mit diesem das Formatisiren gröberer Stücke vornehmen. Die Schläge müssen kurz und kräftig sein, und auch hier sind nur kleine Partien nach und nach zu entfernen. Sollen übermässig dicke Stücke dünner gestaltet werden, so ist mit dem Flachmeissel zu arbeiten, dessen Schneide natürlich in der Richtung der Schichtungsflächen einzusetzen ist. Das Formatisiren von ungeschichteten Gesteinen, wie Thoneisensteinknollen, ist sehr schwierig und nach Möglichkeit zu vermeiden, da sie in unberechenbaren Richtungen zerspringen.

Namentlich beim Zerschlagen des Gesteins spaltet es nicht immer genau und überall in der Schichtungsfläche, so dass oft Theile z. B. eines Blattes bedeckt bleiben; diese Bedeckung entfernt man durch vorsichtige Wegmeisselung, wobei besonders der Spitzmeissel gute Dienste leistet. Das Stück wird dabei auf ein Sandkissen gelegt.

Zerbrochene Fossilien reparirt man in folgender Weise: Man rührt gleiche Theile von Wismuthnitrat, Stärke und Zucker mit genügendem Wasser zu einem flüssigen Kleister zusammen. Mit einem Pinsel trägt man diese Mischung auf die beiden Theile der gebrochenen Flächen auf und fügt beide Stücke gleich wieder zusammen. Das Klebemittel wirkt sofort. Wenn das Fossil gefärbt ist, kann man ein wenig von dem Gestein, aus welchem das zu klebende Stück besteht, abkratzen und mit dem Klebestoff mischen. Auf diese Weise erhält die reparirte Stelle dieselbe Farbe, wie die sie umgebenden Theile. Lässt man den Klebestoff 14 Tage gähren, so nimmt die Klebekraft zu.

Vorzüglich ist auch Fischleim („Syndetikon"); auch hier ist

eine Mischung mit einem feinen Pulver, z. B. mit Bleiweiss, oft von Vortheil.

Hat man mehrere Bruchstücke zusammenzusetzen, so muss das an aufeinanderfolgenden Tagen geschehen: an jedem Tage ein Stück, nachdem das vorherige bereits vollkommen befestigt ist. Es ist dabei aufmerksam darauf zu achten, dass auch nicht eine Spur des Klebemateriales auf eine Fläche geräth, die noch mit einem der Bruchstücke zu verbinden ist, weil nach dem Eintrocknen desselben dieses Bruchstück nicht mehr genau der Fläche anpasst, wodurch die Festigkeit wesentlich herabgemindert wird.

Nicht alle Fossilien sind an der Luft beständig: enthalten sie z. B. neben der organischen Substanz Schwefelkies oder ein Mineral, das sich durch Einwirkung der Luft verändert, so kann das Fossil gänzlich der Vernichtung anheimfallen, verwittern. In solchen, glücklicher Weise nur seltenen Fällen muss die Luft etwa dadurch, dass das Fossil in Petroleum oder sonst einer passenden Flüssigkeit aufbewahrt wird, abgesperrt werden; man kann das Stück auch mit einer erhärtenden Flüssigkeit (Schellacklösung u. dergl.) überziehen.

Lockere, leicht bröckelige oder durch blosses Anfassen zerreibliche Gesteine mit Abdrücken oder Resten müssen mit einer Flüssigkeit, welche die Bestandtheile des Gesteins zusammenkittet, getränkt werden. Je nach Umständen wird man hierzu Wasserglas, Schellacklösung, dünnen Fischleim u. dergl. verwenden.

Grubenfeuchte Subfossilien, z. B. Koniferenzapfen, Früchte, Hölzer aus der Braunkohle, zerfallen und zerreissen in lufttrockenem Zustande sehr leicht. Man erreicht viel, wenn man solche Objekte ganz langsam trocknen lässt, etwa erst auf längere Zeit im Keller aufbewahrt. Interessant ist, dass reife, aber noch geschlossene, subfossile Zapfen aus der Braunkohle und dem Torf bei guter Erhaltung nach dem Austrocknen regelrecht aufspringen.

Haben die Pflanzenreste, wie z. B. in Kalktuffen, durch gänzlichen Schwund der organischen Bestandtheile nur Hohlräume hinterlassen, so kann man die Form derselben wieder gewinnen, wenn man den Tuff unter der Luftpumpe oder durch Anwendung von Druck mit flüssigem Wachs oder einer Wachs-Stearinmischung oder mit Gyps imprägnirt und das Gesteinsmaterial nachher mit Salzsäure löst. In dieser Weise kann man schöne Modelle von Objekten, wie Früchte, Samen und sogar Blüthen erhalten. Laubblattabdrücke sind in Tuffen meist gut erhalten und bedürfen zu

ihrer genügenden Erkennung der erwähnten Behandlung nicht. Auch durch blosses Eintauchen in die Flüssigkeit wird man Erfolge haben, namentlich wenn man die Imprägnirungsmasse während des Eindringens warm hält; das muss geschehen, so lange Luftblasen und Wasserdampf dem Gesteinsstück entsteigen. Im Pariser Musée d'histoire naturelle befinden sich schöne nach dieser Methode hergestellte Objekte.

Die künstliche Nachbildung von Resten oder Abdrücken, die sich in fremdem Besitz befinden, lässt sich dann, wenn es sich um Reliefs handelt, oft leicht bewerkstelligen. Man hat sonst künstliche Abdrücke von Pflanzenpetrefakten, die Relief zeigten, in der verschiedensten Weise hergestellt: durch Aufdrücken von nassem Fliesspapier auf das Petrefakt, welches nach dem Trocknen das Relief behält, durch direktes Aufgiessen von über Feuer flüssig gemachtem Wachs oder Schwefel nach vorheriger Benetzung des Stückes, durch Aufdrücken von Zahnpasta oder Guttapercha, oder durch Uebergiessen mit Gyps. Alle diese Methoden haben — abgesehen davon, dass sie nicht getreu das Objekt wiedergeben, da sie das erhaben zeigen, was auf dem Petrefakt vertieft ist und umgekehrt, was unter Umständen freilich gerade von Vortheil sein kann — Mängel, die, wie die Benetzung des Petrefaktes, diese Methoden zuweilen ausschliessen. Die von Potonié mit bestem Erfolg angewendete, sehr einfache, neue Methode beseitigt die Mängel und liefert ganz ausgezeichnete Resultate. Das Verfahren ist das folgende: Eine auf die abzudrückende Fläche des Gesteinsstückes gelegte Zinnfolie (Stanniol) wird mit einer Nagelbürste dem Relief angebürstet, bis dasselbe in allen seinen Einzelheiten auf der Zinnfolie erscheint. Ist das Relief verhältnissmässig hoch, so entstehen leicht kleine, kaum sichtbare Risse in der Zinnfolie und man thut dann gut, noch eine Zinnfolie der ersten aufzubürsten und wenn nöthig auch noch eine dritte. Das Gesteinsstück wird dann entfernt und auf die Fläche der ersten Folie, welche das Negativ des Petrefaktes zeigt, am besten über Feuer flüssig gemachtes, feinstes Modellirwachs, wie es die Goldarbeiter verwenden, oder auch geschmolzener Schwefel gegossen. Nach dem Erkalten lässt sich die Folie leicht von dem Wachsabguss abziehen. Ein Ueberstreichen desselben mit feinem Graphitpulver bewirkt oftmals ein schärferes Hervortreten der Einzelheiten und verleiht dem Wachsabdruck das Aussehen von Thonschiefer der Steinkohlenformation, welchem Gestein ja so viele Pflanzenfossilien entstammen. Man erhält so

Modelle, die durchaus dem Original entsprechen. — Will man ein Negativ des Petrefaktes haben, wie das z. B. bei Lepidophyten, Sigillarien und Lepidodendren wichtig ist, die oft nur als Hohldruck der ursprünglichen Stammoberfläche erhalten sind, also nicht das Positiv der letzteren bieten, so ist die direkte Benutzung von Modellirwachs oder Schwefel am empfehlenswerthesten, um das gewünschte Positiv zu erhalten. — Bei dieser Gelegenheit sei mit Nachdruck darauf aufmerksam gemacht, dass es sehr misslich ist, wie man das leider meist findet, stets und unter allen Umständen für Veröffentlichungen vom Original zeichnen zu lassen, sondern dass es dringend anzurathen ist, in den Fällen, wo Hohldrücke vorliegen, wie also z. B. sehr oft bei den Lepidophyten, sich eine Positivskulptur der Stammoberfläche durch Herstellung eines Modelles zu verschaffen und diese zu veröffentlichen. Ein Vergleich verschiedener Arten ist nur dann sicher möglich und Irrthümer werden leichter vermieden, wenn alle abgebildeten Objekte gleichsinnige Skulpturen besitzen und wenn diese alle Positivoberflächen der ursprünglichen Pflanzen entsprechen. Eine Abbildung soll eine Anschauung von dem wirklichen Aussehen der Pflanze geben; wie zufällig das Petrefakt ausgefallen ist, ob dies ein Hohldruck ist oder nicht, ist eine ganz untergeordnete Sache. Bei der Leichtigkeit, mit der die eigentlich so selbstverständliche, erwähnte Forderung befriedigt werden kann, sollte sie allgemein Eingang finden.

Jedes Objekt für die Sammlung ist mit einem Etikett mit genauer und gewissenhafter (z. B. auch Angabe, ob auf der Halde gesammelt) Bezeichnung der Herkunft zu bekleben, mindestens aber mit einer deutlichen Bezeichnung zu versehen, die auf dem beiliegenden Etikett, um Verwechselungen von Stücken und Etiketten zu vermeiden, zu wiederholen ist. Da angeklebte Papieretiketten zuweilen so stark angegriffen werden, dass sie schliesslich zerfallen oder doch unleserlich werden, so ist es am gerathensten, die Stücke mit einer deutlichen guten Farbe zu bezeichnen, etwa mit Mennige. Nach dem Trocknen derselben ist eine solche Schrift mit Schellacklösung zu überstreichen. Bei Besuch mehrerer Fundpunkte auf ein und derselben Exkursion sind die einzelnen Stücke sofort, je nach dem Fundpunkte, mit einem besonderen Zeichen zu versehen; hierzu sind Zahlen, die sich vermittelst eines Spitzmeissels oder sonst eines harten Objektes (wie eines Champagnerbrechers am Taschenmesser) leicht einritzen lassen, am geeignetsten. Sie geben dann die Reihenfolge der besuchten Punkte an, die in den

nächsten Tagen nicht so leicht vergessen wird. Bei grösseren Reisen wird man nothwendig die Zahlen im Tagebuch mit Angabe des Fundpunktes wiederholen müssen. Stücke ohne oder mit ungenauer Fundortsangabe sind natürlich für den Geologen im ersten Falle ganz, im anderen fast werthlos.

Die echten Versteinerungen bedürfen natürlich einer besonderen Präparirung vor der Untersuchung. Eine vorläufige Orientirung mit der Lupe ist meist nach blossem Anschleifen und Poliren einer Fläche möglich. Schliffe werden am besten mit der Diamantkreissäge geschnitten, dann mit Kanadabalsam auf ein Glasplättchen, einen Objektträger, aufgekittet und beiderseits nach Erforderniss dünn geschliffen und polirt. Ueber die Herstellung mikroskopischer Dünnschliffe von solchen Objekten, die zu weich oder zu bröcklich sind, als dass sie ohne Weiteres ausgeschliffen werden könnten, hat Triebel in der „Naturw. Wochenschr." IV (1889) Nr. 31, S. 245 berichtet. Er schreibt über seine Erfahrungen:

„Eine grosse Zahl braunkohlenartiger Hölzer, die nicht benetzt werden konnten, ohne zu quellen und zu zerfallen, und andererseits zu brüchig waren, um eine mechanische Bearbeitung zuzulassen, habe ich auf nachstehende Weise mit bestem Erfolg präparirt. Von dem Holz wird mit der Laubsäge ein für die gewünschten Schliffe ausreichendes Stück abgetrennt. Zumeist wird man von einem Stück Schliffe nach allen drei Richtungen machen wollen und die Grösse des Stückes darnach bemessen. Wenn das Holz vollkommen trocken ist, wird es in Terpentinöl getaucht und einige Minuten darin belassen, damit es völlig durchtränkt werde. Man thut gut, sehr bröckliche Stücke zuvor mit feinem Draht zu umwickeln, um den Zerfall zu verhindern. Darnach taucht man das Holzstück in eine heisse Mischung von Terpentinöl und Dammaraharz. Man wählt möglichst reine Stücke von Dammaraharz und übergiesst dieselben mit so viel Terpentinöl, als etwa hinreicht, um das gepulverte Dammaraharz völlig zu durchtränken. Durch gelindes Erwärmen erreicht man bei einigem Rühren mit einem Glasstab die völlige Auflösung des Harzes. Man nimmt mit dem Glasstab einen Tropfen heraus, den man auf eine Metallfläche fallen lässt. Nachdem dieser Tropfen sich völlig abgekühlt, was immerhin einige Minuten dauert, prüft man seine Härte mit dem Fingernagel. Er darf nicht so spröde sein wie Kolophonium, sondern muss eben noch einen schwachen Eindruck des Nagels annehmen, oder bei verstärktem Druck gespalten werden. Ist er

spröder, so setzt man zu der Mischung noch etwas Terpentinöl, im entgegengesetzten Fall etwas Harz, und nimmt die Probe auf's Neue vor. Hat die Terpentin-Dammaraharzmischung die gewünschte Konsistenz, so bringt man in das geschmolzene Gemisch das mit Terpentinöl durchtränkte Holzstück und lässt es ganz untergetaucht so lange darin, bis die lebhafte Gasentwickelung nachgelassen hat. Eine Viertelstunde wird allemal ausreichen, und das Holz dann in allen seinen Hohlräumen, sowie auch in seinen etwaigen Lücken ganz mit Dammaraharz erfüllt sein. Man lässt das Gefäss mit der Mischung erkalten und nimmt das Stück Holz heraus, wenn das Harz so weit erstarrt ist, dass es auch aus grösseren Lücken des Holzes nicht mehr ausfliesst. Nach dem völligen Erkalten kratzt man die überflüssigen Harzmengen ab und schleift die gewünschte Fläche an. Ich habe mich hierzu stets einer nicht zu feinen Schlichtfeile bedient, auf der trocken hin- und hergeführt das Stück rasch eine Schliffläche erhielt, die auf einem vollkommen ebenen Schieferwetzstein mit Wasser polirt wurde. Ist das Dammaraharzgemisch zu weich, d. h. zu terpentinreich gewesen, so verschmiert es die Feile, war es zu spröde, so hat das Stück nicht die Festigkeit, die es bei richtiger Behandlung haben konnte; immerhin ist etwas Sprödigkeit des Harzes weniger unangenehm als zu grosse Weichheit. Das Stück wurde dann mit der polirten Fläche mittelst Kanadabalsam unter ganz gelindem Druck auf den Objektträger gekittet, alsdann mit der Laubsäge ein Schnitt parallel dem Objektträger in 1—2 mm Entfernung von demselben geführt und die so abgetrennte, auf dem Objektträger sitzende Platte in der vorherigen Weise mit der Feile und dem Wetzstein abgeschliffen und geebnet. Eine einigermassen geschickte Handführung vermeidet vollkommen das Mitanschleifen des Objektträgers und macht eine Uebertragung überflüssig, welche zudem fast allemal das Präparat zerstören würde.“ Vergl. hierüber übrigens auch S. 530—532.

Kapitel 71.

Die Präparation von Pflanzen aus glazialen Ablagerungen.

Professor Nathorst in Stockholm giebt darüber [1]) folgende Mittheilungen:

[1]) Bihang till kgl. Svenska Vetensk. Akad. Handl. 17. III. Nr. 5.

Die glazialen Süsswasserablagerungen finden sich in kleinen Becken in der Moränenlandschaft und zeigen den Ort an, wo während der Eiszeit, unmittelbar nach dem Abschmelzen des Eises, kleine Seen vorhanden waren. Auch können sie als Flussablagerungen auftreten; beinahe immer sind sie von jüngeren Ablagerungen bedeckt. Die Reihenfolge der Schichten kann etwas variiren; am häufigsten sind folgende Profile:

Torf
Süsswasserthon und Sand
Moräne

oder

Torf
Seekreide (Wiesenkalk)
Süsswasserthon und Sand
Moräne

oder

Torf
„Gytja“ (Schlamm)
Süsswasserthon und Sand
Moräne

oder

Torf
Gytja
Wiesenkalk
Süsswasserthon und Sand
Moräne

wobei auch einzelne Sandlager zwischen den verschiedenen Lagern vorkommen können. Zuweilen kommt ein Lager reiner „Gytja“ im Wiesenkalk vor; auch noch andere Kombinationen als die oben erwähnten lassen sich beobachten, obschon diese die häufigsten sind.

Von den arktischen Pflanzen reicht nur Betula nana zuweilen

in den Torf hinauf. Die übrigen finden sich nur im Süsswasserthon und Sand, im Wiesenkalk und in der Gytja vor. Ihr Vorkommen in den beiden letztgenannten Gesteinsarten ist aber überhaupt nicht häufig und es muss betont werden, dass viele Wiesenkalke bedeutend jünger sind.

In jenen Fällen, wo die glazialen Süsswasserablagerungen mächtig sind, aber auch bei anderen Gelegenheiten kann man einen unteren Horizont, der durch das häufige Vorkommen von Salix polaris, wohl meistens mit Dryas gemischt, charakterisirt ist, von einem oberen trennen, wo Salix reticulata und Betula nana hinzukommen, während Salix polaris verschwindet.

Die Blätter der fossilen Glazialpflanzen kommen zuweilen vereinzelt im Thon, Sand, Wiesenkalk oder in der Gytja vor. Wenn man einige Blätter gefunden hat oder wenn ihre Anwesenheit aus anderen Gründen wahrscheinlich ist, lohnt es sich immer, einige Proben der Ablagerung mitzunehmen, um dieselben später zu schlämmen. Man wird dabei oftmals erstaunen, einen allem Anschein nach ganz sterilen Thon voll von Pflanzenresten zu finden.

Die Schlämmung der Proben geschieht in der Weise, dass dieselben entweder sogleich oder nachdem sie trocken sind, in Wasser auf ein Netz von Messingdraht gelegt werden. Die Proben absorbiren dann Wasser, schwellen auf und zerfallen in einen thonigen Brei, welcher durch die Maschen des Netzes rinnt, während die Blätter, Samen, Moose u. s. w. auf dem Netz liegen bleiben. Diese Schlämmung gelingt am besten, wenn der Thon sandig ist; wenn er aber gytjahaltig ist, will er gewöhnlich nicht zerfallen, und man muss ihn dann kochen oder mit Kalilauge behandeln, um ihn wenigstens zu erweichen und später zerpflücken zu können. Wenn der Thon kalkhaltig ist, so zerfällt er aber auch in diesem Falle, wenn man ihn mit Salzsäure behandelt; der Brei wird dann auf gewöhnliche Weise geschlämmt. Die Proben von Gytja müssen in Wasser oder wenigstens feucht aufbewahrt werden; sie können nur zerpflückt, nicht aber geschlämmt werden.

Man muss sich bei der Schlämmung sehr davor hüten, dass nicht rezente Pflanzenreste, insbesondere Samen, welche sich an den nassen Thon angeklebt haben, den fossilen beigemischt werden. Die Pflanzenreste werden dann am zweckmässigsten in Wasser, das mit etwas Alkohol gemischt ist, in Flaschen oder Präparatengläsern aufbewahrt, um später auf andere Weise präparirt zu werden. Dies ist nicht leicht und nach Nathorst's Er-

fahrung scheint keine Methode allein ganz zweckmässig zu sein, sondern es empfiehlt sich am besten, mehrere Präparationsmethoden gleichzeitig zu benützen. Man kann die Blätter ganz einfach zwischen Löschpapier trocknen und dieselben dann auf Papier aufkleben. Dies Verfahren empfiehlt sich, wenn man mehrere Blätter derselben Pflanze besitzt, so dass man einige mit der Unterseite, andere mit der Oberseite aufkleben kann, damit der Nervenverlauf von beiden Seiten untersucht werden kann. Die auf solche Weise präparirten Blätter können dann mit einer Mischung von Glyzerin, Alkohol und Wasser („Liquor Hantzschii") durchtränkt werden, damit ihre Oberfläche ein frischeres Aussehen bekommt. Auch kann man die getrockneten Blätter ganz lose in Schachteln oder zwischen Papier liegen lassen; am besten dürfte es jedoch sein, dieselben in einer ausgehöhlten Einsenkung auf kleinen Pappscheiben aufzukleben. Eine andere Methode besteht darin, dass man die getrockneten Blätter auf Glasplatten festklebt, sie können dann ziemlich gut von beiden Seiten untersucht werden; nach längerer Zeit geschieht es jedoch zuweilen, dass sich die Blätter von der Glasplatte loslösen, und eine noch grössere Unannehmlichkeit ist die, dass die Blätter beim Trocknen des Gummis Risse bekommen. Bei dieser Präparationsmethode hat Nathorst gewöhnlich die Glasscheiben, auf welchen die Blätter aufgeklebt sind, in Glasröhren aufbewahrt, welche an beiden Enden offen sind und mit Korkpfropfen verschlossen werden.

C. Schröter in Zürich hat eine andere Methode vorgeschlagen, nämlich die Blätter durch kurzes Eintauchen in schwaches Schultze-sches Reagens (Lösung von chlorsaurem Kali in Salpetersäure) etwas zu bleichen, so dass sie durchsichtig werden; nachdem die dabei auftretenden Gasblasen durch Alkohol entfernt sind, werden die Blättchen in Glyzeringelatine nach Art mikroskopischer Präparate eingeschlossen.

Nachdem die Blätter auf erwähnte Weise, oder noch besser durch Salpetersäure allein, gebleicht und mit absolutem Alkohol gewaschen sind, werden sie erst in Xylolalkohol, dann in Xylol gelegt und endlich in Kanadabalsam auf gewöhnliche Weise eingeschlossen.

Die beiden letzten Methoden, die Blätter zu bleichen und nach gewöhnlicher Art der Herstellung mikroskopischer Dauerpräparate zu präpariren, sind in gewisser Hinsicht ganz vorzüglich. Die Blätter werden vollständig geschützt, die Nervirung kann in den kleinsten Details studirt werden, die sehr häufigen Blattpilze treten

deutlich hervor und können nebst den Blättern selbst unter dem Mikroskop studirt werden. Ueberdies kann man bei Vorträgen recht gute Kamerabilder von denselben bekommen. Wenn es sich aber um solche Blätter, wie jene von Salix reticulata handelt, deren retikulirte Nervirung charakteristisch ist, oder wenn die Blätter, wie bei Dryas, dick und gewölbt sind, dann giebt ein solches Präparat kein getreues Bild des Objektes. Dazu kommt noch, dass auf solche Weise präparirte Blätter nicht ihr ursprüngliches Aussehen zeigen, wie sie im Thon auftreten, wo sie meistens schwarz und undurchsichtig sind. Nathorst hält es deshalb für das Zweckmässigste, die Blätter auf verschiedene Weise zu präpariren, damit man sowohl ihr ursprüngliches Aussehen wie ihren anatomischen Bau nach Belieben studiren kann. Auch ist es für geologische Sammlungen lehrreich, einen Theil derselben in ihrer ursprünglichen Lage auf dem Thon zu bewahren, was geschehen kann, wenn man diesen sehr langsam trocknen lässt.

Kapitel 72.

Die pflanzenpaläontologische Untersuchung von Torfmooren.

Im 14. Bande der Geol. Fören. Förhandl. S. 165—175 beschreibt G. Andersson die von ihm ausgebildeten Methoden zur pflanzenpaläontologischen Untersuchung von Torfmooren folgendermassen [1]): Die Forderungen, die man an die Untersuchungsmethode stellen muss, sind folgende: 1. Sie muss eine absolut sichere Identifizirung mit lebenden Arten gestatten. 2. Die gefundenen Reste müssen so aufbewahrt werden, dass sie ein möglichst treues Bild ihres Aussehens in den Torfmooren geben. 3. Das Einsammeln derselben muss so leicht wie möglich vor sich gehen, letzteres nicht nur wegen der oft äusserst beschwerlichen Verhältnisse, unter denen es in der Regel statthaben muss, sondern vor Allem deshalb, weil erst in diesem Falle auch Personen, die nicht speziell interessirt sind, vollkommen taugliches Material für eine weitere Bearbeitung zu beschaffen im Stande sind. Die Mehrzahl der bisherigen Sammlungen dürfte für ein wissenschaftliches Studium werthlos sein, mag es sich nun darum handeln, die Entstehung des Torfes zu erforschen,

---

[1]) Uebersetzt vom Verfasser dieses Werkes.

oder die Torfmoore vom paläontologischen und pflanzengeographischen Gesichtspunkte aus zu studiren. Der Grund dieses Verhaltens liegt darin, dass die Ulmin- und Huminsäuren oder die chemischen Verbindungen, die dem Torf seinen spezifischen Charakter verleihen, die Eigenschaft haben, beim Eintrocknen molekularen Veränderungen zu unterliegen, denen zu Folge sie die Eigenschaft verlieren, auf's Neue unter Wasseraufnahme aufzuquellen; bis jetzt wenigstens dürfte noch kein Reagens bekannt sein, welches die Eigenschaft besitzt, dem getrockneten Torf seine ursprüngliche Beschaffenheit zurückzugeben. Die in der Mikroskopie gewöhnlich angewendeten Schwellmittel genügen nicht. Auch Versuche mit Milchsäure, welche mit grossem Vortheil angewendet werden kann, wenn man getrockneten Pflanzentheilen ihr natürliches Aussehen wiedergeben will, haben keine günstigen Resultate geliefert. Indessen ist diese Eigenschaft des Torfes für die Praxis von grosser Bedeutung, da sie es ist, die überhaupt erst die Brenntorfbereitung möglich macht. Wenn man also ein für die weitere Untersuchung taugliches Material erlangen will, so muss man Sorge tragen, dass alles aus Torfmoor, Torfschlamm oder Gytja bestehende Material, vom ersten Augenblick an, in einer Flüssigkeit aufbewahrt oder wenigstens vor dem Austrocknen geschützt wird. Für Sammlungen aus pflanzenführenden Thonen oder aus Sandablagerungen ist dies nicht so nothwendig, aber auf jeden Fall wünschenswerth, da beim Trocknen häufig ungünstige Gestaltveränderungen vorkommen. Da nach Untersuchungen von Früh die Ulmin- und Huminsäuren von Bakterien, Schimmelpilzen, Algen u. s. w. gar nicht angegriffen werden, so kann, besonders in der ersten Zeit nach dem Einsammeln, mit grossem Vortheil Wasser als Konservirungsflüssigkeit angewendet werden. Der Verfasser hat jahrelang Blätter und Früchte aus Torf in dem braunen Wasser der Torfgrube liegen gehabt, ohne dass dieselben durch Organismen verunreinigt wurden.

Die Arbeit beim Studium der Torfmoore zerfällt in die Feldarbeit und die Präparationsarbeit.

1. Die Feldarbeit. Um mit Erfolg diese in den Torfmooren ausführen zu können, sind folgende Geräthschaften erforderlich: ein Spaten, ein Messer mit spitzer Klinge, Präparatröhren, am besten von verschiedener Grösse (50×16 und 40×12 mm), einige Opodeldokflaschen, sowie einige Glasgefässe mit weitem Hals. Der Spaten ist ein besonders nothwendiges Geräth, denn auch da,

wo man Profile findet, muss man die Torfproben aus denselben herausstechen. Mit grossem Vortheil habe ich in den letzten Jahren einen kleinen Stichspaten aus Stahl, etwa 18 cm hoch und 12 cm breit, angewendet. Mit dem Spaten wurden sodann aus offenen Profilen eine Anzahl Torfproben ausgestochen, die die ganze Schichtenfolge des Profils darstellen. Dadurch, dass man dieselben so gleichförmig wie möglich macht, gewinnt man den Vortheil, durch sorgsames Ausklauben derselben und durch gesonderte Aufbewahrung, z. B. der Samen aus jeder Torfprobe, eine ganz gute, annähernde Vorstellung von der Ab- oder Zunahme der verschiedenen Arten während der Bildung des Torfmoores zu gewinnen. Natürlich müssen, so weit dies möglich ist, mehrere Profile aus demselben Moore in dieser Weise durchgearbeitet werden. Das Einsammeln derselben aus einer in solcher Weise gewonnenen und auf einem einigermassen trockenen Platze niedergelegten Reihe von Torfproben geschieht am besten, indem man dieselben parallel zur Ablagerung untersucht und von jeder entblössten Fläche mittelst eines spitzen Messers die Früchte abnimmt; die Blätter, die man möglicher Weise antrifft, braucht man nicht nothwendig für sich zu gewinnen zu suchen, sondern man kann sie mit so viel daranhängendem Torf oder Gytja mitnehmen, dass sie nicht zerbrechen. In die Proberöhren, unter denen die mit flachem Boden am praktischsten sind, legt man alle kleineren Samen, Früchte, Insektenreste, Blätter u. s. w., die man findet, in die Opodeldokgläser, die den Vorzug der Dicke und Billigkeit haben, bringt man grössere Blätter, Zweige und Nüsse, Eicheln u. s. w., für sehr grosse Blätter, wie von Eiche, Zitterpappel u. a. sind die grossen Büchsen bestimmt. Beim Einsammeln in Thon- und Sandablagerungen ist ein gewöhnlicher, feinhaariger Pinsel oft ganz unschätzbar.

Ausser einer sorgfältigen Etikettirung ist noch zu beachten, dass alle Gläser und Büchsen vollständig mit Wasser gefüllt werden. Das geschieht am besten dadurch, dass man das Gefäss bis zum Rande füllt und dann den Kork so hineinbringt, dass alle Luft und das überschüssige Wasser entweichen kann. Wird diese einzige Vorsichtsmassregel beachtet, so kann die Sammlung gerüttelt und geschüttelt werden, ohne dass sie Schaden leidet; wird sie versäumt, so wird durch Hin- und Herschwanken während des Marsches und auf dem Wagen alles empfindlichere Material zerstört. Die in der beschriebenen Art gewonnenen Sammlungen können jahrelang unberührt stehen und doch, wenn die Stunde der Bearbeitung kommt,

genau denselben Werth besitzen, als wenn sie im Augenblick vorher gewonnen wären.

2. Präparationsmethoden. Die erste Arbeit, die man mit dem in den Mooren gesammelten Material ausführt, besteht darin, dasselbe von den anhängenden Torfpartikeln zu befreien. Das geschieht am besten, indem man alles zusammen auf einen flachen Teller schüttelt und so viel Wasser zusetzt, dass es den unteren Tellerrand erreicht. Mit dem Pinsel und einer Präparirnadel wird dann unter Wasser Stück für Stück des festsitzenden Torfes entfernt. Diese Arbeit ist gewiss eine langweilige Geduldsprobe, aber sie muss ausgeführt werden, wenn die Sammlungen näher untersucht werden sollen. Doch kann dieselbe sehr erleichtert werden, indem man die Torfstücke einige Stunden in verdünnter Kali- oder Natronlauge liegen lässt, die hernach jedoch sorgfältig ausgewaschen werden muss. Die formlosen Torfpartikel, welche zurückbleiben, nachdem die Pflanzenreste entfernt sind, dürfen jedoch nicht fortgeworfen werden, da man in ihnen ein vollkommen taugliches und ausreichendes Material für eine mikroskopische Untersuchung besitzt. Pollenkörner, die dabei oft angetroffen werden, charakteristische Epidermisstücke u. a. geben in der Regel werthvolle Aufschlüsse über das alte Pflanzenleben des Moores.

Falls der Torf sich reicher an wohlerhaltenen Pflanzenresten zeigt, lohnt es sich, einige kleinere Stücke desselben mitzunehmen. Durch eben erwähnte Behandlung mit Natronlauge kann man oft gute Funde von Blättern u. s. w. machen. Legt man ein Torfstück einige Stunden lang in Schultze's Reagens — s. unten — so gelingt es noch besser, Samen, Früchte u. a. zu gewinnen. Derartige Torfstücke können während der Reise zweckmässig in den in jedem Eisenladen erhältlichen, hermetisch verschliessbaren Konservenbüchsen aufbewahrt werden.

Nachdem die makroskopisch untersuchbaren Reste in dieser Weise gereinigt und abgespült sind, müssen dieselben nicht nur nach ihrer Art, sondern auch nach ihrer übrigen Beschaffenheit vertheilt werden. Zweige, Rindenstücke, Nüsse, Holzstückchen, grössere Stücke von Gräsern und Halbgräsern können zweckmässig in hohen Flaschen oder Präparatröhren aufbewahrt werden, die aus grünen, ganz durchsichtigen Glasröhren geblasen sind.

Blätter, Moose, Früchte, z. B. von Betula, Kätzchen, Schuppen von Populus, überhaupt flache Pflanzentheile, werden am besten in

Kanadabalsam eingelegt nach der oben ausführlich beschriebenen Methode und wie gewöhnliche mikroskopische Präparate aufbewahrt. Kleinere Samen und Früchte müssen in Präparatenröhren aufbewahrt werden; ausser den oben angewendeten grossen sind oft Röhren von 6 × 37 mm geeignet für ganz kleine Früchte. Indem man einen Streifen aufgewickelten Papiers in die Röhre hineinführt, der beim Ausdehnen die Samen an die Röhrenwand andrückt, erhält man ein Präparat, welches als Demonstrationsmaterial geeignet ist. Zur Aufbewahrung solcher Objekte, die man nicht in Kanadabalsam einlegen kann, für längere Zeit eignet sich entweder eine Mischung von Alkohol und destillirtem Wasser oder einfach destillirtes Wasser. Ersteres dürfte für den Fall am zweckmässigsten sein, dass das Objekt öfter aus dem Glase herausgenommen wird. Wo das nicht nöthig ist, kann folgende Methode besonders empfohlen werden: das Objekt wird mit destillirtem Wasser abgespült, in eine Präparatröhre gelegt, diese mit ebensolchem Wasser gefüllt, ein Stück Paraffin in die Röhre gelegt und hierauf das Ganze in ein Gefäss mit warmem Wasser gestellt. Dabei schmilzt das Paraffin und dient, nachdem es erhärtet ist, sowohl als Kork wie als Isolirungsmittel.

Wenn die in oben genannter Weise erhaltenen Blätter und Blattstücke für die Untersuchung vollkommen tauglich bleiben sollen, so ist es nothwendig, sie zu entfärben. Man kann von vornherein annehmen, dass das Entfärben entweder durch Extraktionsmittel ausgeführt werden kann, oder durch Zuhülfenahme solcher Reagentien, welche durch Oxydation die schwarzbraunen Pflanzentheile bleichen. Ich habe alle die gewöhnlichen Extraktionsmittel, wie Ammoniak, Kalihydrat u. a. versucht. Diejenigen, welche z. B. die bekannte russische Blätterkohle augenblicklich extrahiren, sind nur sehr wenig im Stande, die aus Torfmooren herrührenden Reste zu entfärben. Unter den gewöhnlich angewendeten Bleichmitteln erweist sich Alkalihypochlorit nicht als kräftig genug, es lag daher auf der Hand, Versuche mit dem in der botanischen Mikroskopie schon lange für Mazerationszwecke angewandten Schultze'schen Reagens (einer Lösung von chlorsaurem Kali in Salpetersäure) anzustellen. Für die in Frage stehenden Objekte wurde dasselbe bereits früher von Schröter[1]) angewendet. In

[1]) Die Eiszeit. Zürich 1883. S. 21. Die damit gebleichten und mit Alkohol ausgewaschenen Blätter werden von ihm in Glyzeringelatine eingelegt.

diesem Reagens besitzt der, der sich auf das Studium unserer Torfmoore verlegt, eines seiner besten Hülfsmittel, denn nicht genug damit, dass mittelst desselben die schwarzbraunen, undurchsichtigen Pflanzentheile aus dem Torf so durchsichtig gemacht werden können, dass Nervatur etc. im Einzelnen studirt werden kann, ist es auch mit Hülfe dieses Mittels möglich, ein vollkommen zuverlässiges Vergleichsmaterial für die Bestimmung der gefundenen Reste zu beschaffen. Durch mannigfaltige Versuche habe ich nämlich gefunden, dass durch mässiges Kochen eines rezenten Pflanzentheils in Schultze's Reagens festgestellt werden kann, ob ein solcher in Torf oder Thon erhalten sein kann oder nicht. Löst derselbe sich nach 1—2 Minuten auf, so kann man es als ganz wahrscheinlich annehmen, dass er in dem Wasser des Torfmoores ebenso sich verhält; wird er nur gebleicht oder nur in geringem Grade angegriffen, so ist damit ein Fingerzeig gegeben für die Wahrscheinlichkeit, mit welcher man hoffen kann, den in Rede stehenden Pflanzentheil auch subfossil aufzufinden, sowie von welcher Beschaffenheit die Erhaltungsart ist. Selbstverständlich gehört zu dieser, wie zu anderen Arbeiten mehr technischer Natur, ein gewisser Grad von Gewöhnung und Uebung.

Aus dem Gesagten kann man erkennen, dass in der Regel nur für verkorkte und verholzte Gewebe Aussicht für die Erhaltung im Torfe vorhanden ist. Die Erfahrung zeigt auch vollkommen, dass es sich so verhält. Daraus geht hervor, dass alle Theile von Blättern, Früchten, Stämmen u. s. w., deren Zellwände nicht in der genannten Art umgewandelt sind, zerstört sein müssen. Das ist z. B. der Fall mit dem Mesophyll der Blätter, — nur Epidermis und Gefässbündel bleiben zurück, — mit den meisten Haarbildungen u. s. w. Daher besitzen auch oft die Pflanzentheile, welche aus dem Torfe herauspräparirt sind, ein Aussehen, welches ganz bedeutend von demjenigen abweicht, welches dieselben besassen, als sie in das Wasser fielen, in welchem die Torfbildung vor sich ging. Den Mazerirungsprozess, dem diese Pflanzentheile in der Natur unterworfen wurden, kann man nun im Laboratorium in wenigen Minuten nachmachen; es dürfte nicht unwesentlich sein, durch ein paar Beispiele die Bedeutung dieses Vorganges zu beleuchten: Aus dem Geschlechte Salix bleiben z. B. Salix cinerea, S. aurita und S. arbuscula in Form und Konsistenz vollkommen unverändert, während die natürliche Farbe verändert wird, die Nervatur vollständig hervortritt u. s. w. S. myrsinites bewahrt bei der gleichen Einwirkung

nur die Nervatur, und S. lanata und S. lapponum dürften auch von dem geübtesten Weidenkenner schwerlich wiedererkannt werden. Die gesammte Filzbedeckung ist vollständig verschwunden, die Nervatur, von der man unter gewöhnlichen Umständen nur das allerwenigste sieht, tritt klar und bestimmt hervor. Als zweites Beispiel kann Saxifraga oppositifolia angeführt werden. Das Charakteristische an dem Blatt dieser Art scheint ausser der Form der behaarte Rand zu sein. Unterwirft man nun dieses Blatt der beschriebenen Behandlung, so findet man, dass die Behaarung vollkommen verschwunden, der Rand glatt ist, aber dafür tritt eine sehr charakteristische Nervatur des Blattes hervor.

Durch Kochen mit Schultze'schem Reagens können demnach die aus dem Torf stammenden Pflanzentheile durchscheinend gemacht werden, und je nach der Dauer der Einwirkung wird ihnen eine Farbe von dunkelbraun bis fast zu gelbweiss verliehen. In der Regel dürfte es zweckmässig sein, die Reaktion zu beenden, wenn die Pflanzen ungefähr die charakteristische rothbraune Farbe angenommen haben, die sie in den Mooren besitzen, da dieselben ja bekanntlich erst unter dem Einflusse der Luft sich schwärzen. Eine so starke und gewaltsame Einwirkung wie durch das Schultze-sche Reagenz ist jedoch sehr oft vollkommen überflüssig. Für die meisten Blätter und Samen erzielt man dasselbe Ergebniss dadurch, dass man die Pflanzenreste je nach ihrer Konsistenz 10 Minuten bis zu einer Stunde oder mehr in roher kalter Salpetersäure liegen lässt [1]). Ist das Bleichen in dieser Weise erfolgt, so wird das Präparat sorgfältig mit Wasser ausgewaschen. Da es in Folge der Anfüllung mit Gasblasen oft schwimmt, kann das Auswaschen leicht in der Weise geschehen, dass man mittelst eines Hebers die Flüssigkeit vom Grunde des Gefässes abhebt und neues Wasser von oben zufliessen lässt. Sobald alle Säurereste gehörig entfernt sind, wird das Präparat mit Alkohol behandelt, in welchem man es liegen lässt, bis die Gasblasen verschwunden sind. Sodann wird es mit absolutem Alkohol vollständig vom Wasser befreit. Geschieht diese

[1]) Gilt es, kleine, zerbrechliche oder aus irgend einem Grunde werthvollere Präparate einzulegen, so kann die ganze folgende Behandlung auf dem Objektglase erfolgen, doch gehört dazu einige Uebung; oft ist es auch vortheilhaft, solche Präparate auf dem Objektglase mit einer Lösung von Kollodium in Alkohol (1 : 5) zu befestigen; das geschieht vorsichtig von der Seite, so dass die Oberfläche des Präparates trocken bleibt. Nach dem Verdunsten des Alkohols verfährt man wie gewöhnlich.

Entwässerung nicht sorgfältig, so bildet sich in der Folge im Kanadabalsam ein Beschlag rings um das Blatt, welcher äusserlich an Schimmel erinnert, und unter dem Mikroskop sich als aus äusserst kleinen Tropfen bestehend erweist, die im Kanadabalsam liegen und wegen ihrer geringen Lichtbrechung dem blossen Auge in der genannten Weise erscheinen. Wenn der Alkohol abgeflossen ist, wird das Präparat mit Xylolalkohol oder Toluolalkohol behandelt, den man durch Mischen gleicher Theile von Xylol oder Toluol mit Alkohol erhält [1]). Diese Behandlung kann in der Regel mit Vortheil ausgeführt werden, nachdem das Präparat auf das Objektglas gebracht ist und dürfte auf Grund der Eigenschaften des Xylols, das Präparat zusammenzuziehen, nicht weiter als nöthig, d. h. bis zur erfolgenden Durchtränkung ausgedehnt werden. Nachdem hierauf rasch mit reinem Xylol ausgewaschen und mit Löschpapier leicht getrocknet ist, wird eine ausreichende Menge Kanadabalsam aufgebracht. Die Luftblasen, die oft entstehen und gewöhnlich schwer zu entfernen sind, werden sehr leicht dadurch fortgenommen, dass man einen in Xylol getauchten, spitzigen Glasstab hineinhält. Der angewendete Kanadabalsam muss erhärtet sein und wird am besten in Xylol [2]) gelöst und zwar in solcher Menge, dass das Ganze leicht fliesst. Nach dem Auflegen des Deckglases wird das Präparat an einen Ort gelegt, der so warm wie möglich ist, d. h. wo die Temperatur sich dem Erstarrungspunkte des Kanadabalsams ziemlich nähert, ohne ihn zu überschreiten. Nach einigen Tagen ist derselbe, wenigstens an den Rändern, so weit erhärtet, dass das Präparat in die Sammlung eingeordnet werden kann [3])

Die beschriebene Methode ist die einzige bis jetzt bekannte, durch welche die im Torf aufbewahrten Reste von Blättern, Stengeln, Moosen u. s. w. so aufbewahrt werden können, dass dieselben für eine vollständige makro- und mikroskopische Untersuchung geeignet sind, ohne irgendwie, oder wenigstens in nennenswerthem Grade, in ihrem Aussehen von dem abzuweichen, welches sie besitzen, wenn

---

[1]) Die in der Mikroskopie angewandte Mischung von 3 Theilen Xylol auf 1 Theil Alkohol ist unzweckmässig, da dieselbe zu stark kontrahirend wirkt.

[2]) Xylol hat vor dem von Mineralogen und Petrographen gewöhnlich angewendeten Benzin den Vortheil, dass der Balsam nicht sofort erhärtet, sondern die nothwendigen Manipulationen mit dem Präparat gestattet.

[3]) Die Erfahrung hat gelehrt, dass Objektgläser von 76 × 26 mm und 100 × 50 mm die geeignetsten sind.

sie in den Torfmooren liegen. Bisweilen ist die Beschaffenheit der in Mooren erhaltenen Reste eine solche, dass eine sichere Bestimmung nur durch eine anatomische Untersuchung erfolgen kann. Moose, dünnere Blätter, Samenflügel von Kiefern und Fichten u. a. können, wenn sie in obiger Weise eingebettet vorliegen, mit sehr starker Vergrösserung untersucht werden. Von den übrigen Resten, wie Samen, Holzstücken u. a., müssen Schnitte angefertigt werden. Solche können oft nicht durch die bei phyto-histologischen Untersuchungen gewöhnlich angewendete Methode, mit einem Rasirmesser einen Schnitt von dem Objekt herzustellen, angefertigt werden, da dieselben bei einem derartigen Versuche gewöhnlich in Pulverform zerfallen. Es ist daher nothwendig, die bei zoologischen Arbeiten gebräuchliche Methode der Einbettung in Paraffin und des Schneidens mit dem Schlittenmikrotom anzuwenden. Das Objekt wird, wie oben beschrieben, mit Xylol + Alkohol behandelt, worauf die Einbettung vorgenommen wird. Eine bei botanischen Arbeiten äusserst praktische und auch für die in Rede stehenden Untersuchungen zweckmässige Methode ist kürzlich von Klercker beschrieben [1]), weshalb ich hier nicht näher darauf einzugehen brauche. Die erhaltenen Schnitte können, wenn nöthig, mit Salpetersäure gebleicht werden, worauf sie in gewöhnlicher Weise eingelegt werden.

Diese Mittheilungen Andersson's erhalten noch eine Ergänzung durch eine Notiz in dem gleichen Bande von Geolog. Fören. Förhandl. Seite 506, die in Uebersetzung folgendermassen lautet:

Die Probe, die man untersuchen will, sie mag Torf, Schlamm oder Thon sein, darf nicht ausgetrocknet sein, wenigstens nicht in nennenswerthem Masse. Man vertheilt sie in kleinere Stücke, die in gewöhnliche, ungefähr mit dem doppelten Volumen Wasser verdünnte, rohe Salpetersäure gelegt werden. Nachdem dieselben in dieser Flüssigkeit 1—2 Tage gelegen, haben sie sich so verändert, dass ihre Schlämmung möglich ist. Thone mit und ohne Kalkgehalt sind zerfallen, die sonst so zähen und schwer zu behandelnden Gytjaproben haben sich in derselben Weise verändert, Torfproben sind theils auseinandergefallen, theils aufgequollen. Durch die genannte Behandlung ist es erst möglich geworden, die zuerst von Nathorst aufgefundene und beschriebene Methode auf diese Substanzen anzuwenden. Durch eine Anzahl von Versuchen hat es

[1]) Zur Verwendung des Schlittenmikrotoms für phytohistogenetische Zwecke. Biol. För. Förh. Bd. IV. (1891) Nr. 1—2.

sich gezeigt, dass man fast niemals feinere Siebe, als solche mit 1,8 mm Maschenweite anzuwenden und den niedergesunkenen Schlämmungsrückstand nicht zu berücksichtigen braucht. Bei der Schlämmung geht gewiss eine grosse Menge der kleineren Früchte und Samen durch die Maschen des Netzes, aber in Folge der Oxydation bei der Behandlung mit Salpetersäure sind dieselben mit Gasblasen gefüllt, so dass sie schwimmen und an den Rändern des Gefässes haften, in welchem die Schlämmung vorgenommen wird. Indem man beim Schlämmen diejenigen Thon- oder Torfstücke, die nicht von selbst zerfallen sind, vorsichtig mit der Hand zerkleinert, kann man ganz leicht allen Sand, Thon und feineren Torfdetritus fortschaffen. Wenn dann in der Hauptsache nur noch Pflanzentheile, welche ihre Struktur noch beibehalten haben, übrig sind, ist es ganz leicht, Samen, Früchte, Moose und andere Reste, die von Interesse sein können, auszulesen. Diese Arbeit geht am schnellsten und besten von Statten, wenn man jede auszulesende Portion so klein nimmt, dass sie mit Leichtigkeit übersehen werden kann. Zweckmässig ist es auch, von dem im Sieb zurückgebliebenen Material dasjenige abzunehmen, was auf der Oberfläche schwimmt, da dasselbe in der Regel aus Samen und Pflanzenresten von Interesse besteht.

Auf diese Weise kann man Material, welches untersucht werden soll, anreichern und daraus eine Menge kleinerer Früchte und anderer Pflanzentheile gewinnen, die man auf andere Weise nur schwer würde erhalten können. Hierbei spielt auch die helle Farbe, welche die Pflanzentheile durch diese Behandlung mit Säure erhalten, eine wichtige Rolle. Sollten dieselben, wie das zum Theil geschieht, nach der ersten Behandlung noch braunschwarz oder dunkelbraun sein, so ist es zweckmässig, nach der ersten Schlämmung die Masse noch 1 Tag in verdünnter Säure stehen zu lassen.

Obwohl es sich immer mehr zeigt, dass Samen und Früchte die besterhaltenen und häufigst vorkommenden und wohl diejenigen Pflanzenreste sind, welche für Untersuchungen über die Bildung des Torfes und die Entwickelungsgeschichte unserer Flora von grösster Bedeutung sind, so müssen doch natürlich Blätter und andere Reste, falls sie sich finden, sorgfältig beachtet werden. Durch die oben beschriebene Behandlung werden dieselben zwar zerbröckelt und zerstört, aber man kann immer erkennen, ob sie in nennenswerther Menge in einer Torfprobe sich finden, weil in solchem Falle eine grosse Menge von Bruchstücken angetroffen wird. In

diesem Falle muss natürlich eine besondere Probe in der beschriebenen Weise auf Blätter untersucht werden, oder, falls man nur geringe Mengen von Material hat, muss die Untersuchung vorher mit denselben Proben vorgenommen werden, die später mit Säure behandelt werden sollen.

Kapitel 73.

Die Präparation von Diatomeen.

Die Präparation [1]) der Diatomeen soll den Zweck verfolgen, das Material für die Zwecke der mikroskopischen Beobachtung vorzubereiten.

Vier Hauptbedingungen sind es, welche behufs dessen durch das Verfahren erfüllt werden müssen. Es sind nämlich:

1. durch Zerstörung des inneren und äusseren Protoplasmas die Zeichnungen der Kieselpanzer aufzuhellen;

2. anhaftende und beigemengte fremde, organische und unorganische Substanzen zu beseitigen;

3. erforderlichen Falls die Frusteln so weit zu spalten, dass die beiden Hauptplatten vollständig von einander und von dem sie zusammenhaltenden Ring (Gürtelband) gelöst werden;

4. aus Diatomeengemengen die einzelnen Gattungen und Formen zu isoliren.

Die Präparationsmethoden selbst sind nun kombinirte Verfahren, bei welchen theils chemische, theils mechanische Manipulationen gegenseitig sich ergänzend und fördernd zusammenwirken.

Wenn es gilt, das Protoplasma (Zellinhalt und organische Bestandtheile der Zellenwandungen) zu zerstören, so kann dies nur durch chemische Einwirkung geschehen. Dasselbe Verfahren tritt ein, wenn es darauf ankommt, beigemengte fremde Substanzen durch Zerstörung oder Lösung zu beseitigen; wo aber diese den chemischen Einwirkungen widerstehen, muss die Ausscheidung auf mechanischem Wege erfolgen, ebenso wie je nach Umständen die eine oder andere Methode beim Spalten der Frusteln Anwendung finden muss. Nur das Trennen der einzelnen Arten kann unter allen Umständen einzig auf mechanischem Wege erfolgen.

---

[1]) E. Debes, Das Reinigen und Präpariren von Diatomaceenmaterial. Hedwigia 1885. Heft II. — J. Pelletan, Les Diatomées. Paris 1888. — J. Rataboul, Les Diatomées, récolte et préparation. Journ. de Microgr. 1883.

Als zweckmässigste Zerstörungsmittel für organische Substanzen haben sich erfahrungsmässig das Kochen in konzentrirter Salpetersäure und Schwefelsäure, unter Umständen auch in sehr schwacher Aetzkalilauge bewährt. Von den mechanischen Hülfsmitteln seien hier nur Schlämmen (Dekantiren) und vor Allem die Anwendung einer Siebskala angeführt.

Der Kochprozess selbst kann entweder in Porzellanschalen, sogen. Abdampfschalen, oder in Kochflaschen stattfinden. Da die Säuren beim Kochen sehr stark ätzende, äusserst nachtheilig auf die Lungen wirkende Dämpfe entwickeln, kann man offene Schalen in geschlossenen Räumen, sofern man nicht besondere Abzugsvorrichtungen zur Verfügung hat, nicht anwenden.

Zum Schlämmen (Dekantiren) benutzt man theils Bechergläser, theils Standzylinder. Als Hülfsapparat beim Schlämmen empfiehlt sich noch eine Vollpipette mit Gummischlauch zum Abziehen von Flüssigkeiten in solchen Fällen, wo es wünschenwerth erscheint, das Schlämmgefäss ruhig stehen zu lassen.

Die Siebe sind theils weitmaschige Drahtsiebe, theils engmaschige Seidengazesiebe [1]).

Um gröbere Bestandtheile auszuscheiden, sind die Drahtsiebe vollkommen ausreichend, ja ihrer grösseren Haltbarkeit wegen sogar den Gazesieben vorzuziehen. Von ersteren genügt für alle Fälle ein Satz von 3, von letzteren ein solcher von 4—5 Nummern, deren feinste (Gaze Nr. 20 des Handels) 78 Fäden auf den Zentimeter und trocken Oeffnungen von 0,04—0,05 mm hat, welche sich bei Benützung in Wasser in Folge Aufquellens der Fäden bis auf etwa 0,03 mm verengen, so dass noch sehr kleine Formen in dieser Nummer zurückgehalten werden. Ausser dieser reichen die Nummern 18, 16, 13 und 10 (mit je 70, 62, 51 und 43 Fäden auf den Zentimeter) vollständig und in allen Fällen aus. Wie die Siebe gebraucht werden, wird an geeigneter Stelle des Näheren

---

[1]) Derlei Siebe und Siebringe aus Zinkblech mit und ohne Bezugsmaterial, ebenso wie alle anderen zur Diatomaceenpräparation erforderlichen Utensilien, liefert das mikroskopische Institut von E. Thum in Leipzig, Teichstr. 2, in vorzüglicher Qualität. Seidengaze in allen Nummern kann man auch von Egli und Sennhauser in Leipzig, Jablonowskystr. 1, jedoch nur in Streifen, die durch die ganze Breite des Stoffes laufen, beziehen. Die Gaze wird mit einem Gummiring über den metallenen Siebring gespannt, so dass sie jederzeit abgenommen und mit einer anderen Nummer vertauscht werden kann. Drahtgewebe müssen eingelöthet werden.

auseinandergesetzt werden. Als Regel beachte man aber stets, dieselben nach dem Gebrauch sorgfältig auszuwaschen, damit bei künftiger Anwendung keine Verunreinigung durch Beimischung fremder und unerwünschter Formen erfolge; auch die Berührung der Gaze durch Aetzkali und Säuren ist zu vermeiden, da dieselbe hierdurch leicht ruinirt werden könnte.

Im Allgemeinen kann man vier verschiedene Typen des Vorkommens fossiler Diatomaceen unterscheiden, nämlich:

I. Lockere, magere, mehl- oder pulverförmige bis sandige Erden, mehr oder weniger gemischt mit organischen und unorganischen Substanzen. Ausschliesslich diluviale oder rezente Süsswasserbildungen, unter den Bezeichnungen: Infusorienerde, Kieselguhr, Bergmehl etc. bekannt.

II. Zusammengesinterte, jedoch noch zerreibliche, stark poröse Massen. Meist diluviale oder jungtertiäre, jedoch fast ausschliesslich marine Bildungen, daher vorwiegend Meeresformen enthaltend.

III. Thonige Massen, dann wohl ausschliesslich tertiäre Bildungen mit vielfach jetzt nicht mehr lebend vorkommenden Meeresformen.

IV. Festes Gestein, gleichfalls tertiären oder noch älteren Ursprungs.

A. Die unter den Typus I fallenden Diatomeenerden können meist ganz wie rezente Diatomaceen behandelt werden und machen selbstverständlich am wenigsten Mühe; sie bedürfen im Allgemeinen nur eines verhältnissmässig kurzen Kochens (20—40 Minuten) in konzentrirter Salpetersäure, um in der Hauptsache gereinigt zu sein, da diese Zeit in den meisten Fällen ausreichend ist, geringfügige organische Beimengungen vollständig durch Zerstörung zu beseitigen oder so zu verändern, dass deren Abtrennung auf anderen Wegen, etwa durch Dekantiren, ohne Schwierigkeiten erfolgen kann. Sind es sehr feinschalige Formen (etwa die Gattungen Pleurosigma, zartere Formen von Navicula, Tabellaria etc.), so geht auch der Spaltungsprozess in derselben Zeit vollständig vor sich. Derbere Formen (etwa die Gattungen Campylodiscus, Surirella, Pinnularia, Eupodiscus etc.) werden wohl je nach der Beschaffenheit des Rohmaterials, auch bald rein, spalten jedoch viel schwieriger, und selbst das nachfolgende Kochen mit konzentrirter Schwefelsäure hat nicht immer den gewünschten Erfolg, so dass in solchen Fällen

andere Behandlungsweisen Platz greifen müssen, wie an geeigneter Stelle auseinandergesetzt werden wird.

Sehr langes, d. h. mehrstündiges Kochen in starken Säuren, wie es von einzelnen Schriftstellern empfohlen worden ist, sollte unter allen Umständen vermieden werden, auch dann, wenn nach ca. ½stündigem Kochen in konzentrirter Salpetersäure und nachfolgender 20minutiger Behandlung in englischer Schwefelsäure das Material nicht vollständig von organischen Beimengungen frei sein sollte, denn es ist als sicher anzunehmen, dass solche Partikel, welche in dieser Zeit nicht zerstört worden sind, auch fernerem Kochen in Schwefelsäure, wenn nicht gänzlich, so doch sehr hartnäckig und lange Zeit widerstehen werden. Nun wird aber das lange Kochen in mineralischen Säuren dem Material insofern nach und nach höchst nachtheilig, als nicht sowohl durch die chemische Wirkung des angewandten Stoffes, sondern vielmehr durch die mechanische des Kochens, das heftige Puffen der Dampfblasen, die reibende und stossende Bewegung der Frusteln unter sich, wie auch an den Wandungen des Gefässes und etwa beigemengten Gesteinspartikelchen, viel Bruch entsteht und auch die feinen Strukturen leiden.

In derartigen Fällen versuche man es, nachdem das Material durch Auswaschen mit Wasser gut entsäuert wurde, namentlich bei leichten, d. h. kleinen oder feinschaligen Formen, mit Dekantiren, bei gröberen und derberen, schwereren Formen auch mit Durchsieben. Im ersteren Falle bleiben die Formen lange im Wasser suspendirt, die nicht zerstörten Beimengungen sinken in der Regel schneller, und man kann daher durch wiederholtes Abgiessen des suspendirten Materials schon sehr befriedigende Resultate erhalten.

Hie und da, namentlich bei Behandlung derberer Formen, tritt freilich auch der umgekehrte Fall ein, insofern die Diatomaceen rascher sinken, als der Schmutz, worauf selbstverständlich zu achten, und wonach das Verfahren einzurichten ist.

Kommt man auf diesem Wege nicht zum Ziel, so erreicht man häufig einen guten Erfolg, wenn man das Material in einem feinen Gaze- oder Battistsieb, durch welches es nicht passiren kann, mit den Spitzen eines sehr weichen, möglichst langhaarigen Pinsels mit wenig Wasser äusserst sanft rührt und auf der Gaze reibt, da auf diese Weise noch vorhandene organische Verunreinigungen so weit zerkleinert werden, dass sie bei weiterer Behandlung unter

reichlichem Wasserzusatz durch die Maschen des Siebes geschwemmt werden.

Dieses letztere Verfahren hat ausserdem noch den Vortheil, dass bisher ungespaltene Frusteln sich dadurch auseinanderlösen, wenn man es lange genug fortsetzt. Selbstverständlich darf man nicht versäumen, in kurzen Intervallen sich durch mikroskopische Untersuchung zu vergewissern, welchen Erfolg die Behandlung hat und ob man zum Nachtheil des Materials nicht etwa des Guten zu viel thue. Als goldene Regel aber behalte man im Auge, ebensowohl beim Sieben wie beim Schlämmen nie zu viel Material auf einmal in Behandlung zu nehmen, da dies unter allen Umständen dem Verfahren selbst nachtheilig werden muss, und beim Schlämmen mit dem Material nie zu geizen, wenn man dies nicht unbedingt nöthig hat; je verschwenderischer man damit umgehen kann, desto reiner und brauchbarer ist das Uebrigbleibende. Gerade an dieser Klippe scheitern die meisten Versuche von Anfängern, die nicht ahnen, mit welch geringer Quantität gut gereinigten Materials man hunderte von tadellosen Präparaten herzustellen im Stande ist, die daher jeder beim Schlämmen fortgeschwemmten Form nachlaufen möchten, sich damit die Arbeit erschweren und dennoch häufig kein recht befriedigendes Resultat erreichen.

Sollte auf dem hier demonstrirten Wege hie und da in der That kein ganz genügendes Ergebniss gewonnen werden, so lässt sich als letztes Mittel noch folgendes empfehlen, was — freilich mit gehöriger Vorsicht angewandt — auch in den verzweifeltsten Fällen sicher zum Ziele führen wird, wie Debes' und Anderer Erfahrungen auf das Glänzendste bestätigt haben. Es ist dies die Anwendung einer sehr schwachen, je nach der Derbheit und Widerstandsfähigkeit der in Betracht kommenden Diatomaceenformen $^1/_{10}$—$^1/_2$ $^0/_0$igen Kalilauge.

Man setzt zu dem Zweck das vorher gut ausgesüsste Material mit der 50—100fachen Menge der geeigneten, vorher filtrirten Kalilösung in einer Abdampfschale oder einem im Sandbad stehenden Becherglas über eine kleine Spiritusflamme zu gelindem Kochen an. So lange sich die Lauge trübt, so lange löst sich Schmutz und leiden die Frusteln nicht, doch ist es nöthig, der Sicherheit wegen fortwährend kleine Proben mit der Pipette zu nehmen und unter dem Mikroskop zu kontroliren, um den Kochprozess zu unterbrechen, sobald die Schmutzpartikelchen gelöst sind. Ist dieses ge-

schehen, so muss sofort so lange Salz- oder Salpetersäure zugesetzt werden, bis die Lösung nicht mehr aufbraust, wonach das so behandelte Material gut auszuwässern und mit ihm weiter zu verfahren ist, wie bereits beschrieben. Noch einmal sei aber hierbei dringend die grösste Vorsicht anempfohlen, da oft eine Versäumniss von nur wenigen Minuten hinreicht, das ganze Material unbrauchbar werden zu lassen. Anfängern ist daher zu rathen, eine möglichst schwache Lauge anzuwenden und das Verfahren lieber ein oder mehrere Male zu wiederholen, bis das gewünschte Resultat erreicht ist.

Einige von Debes nicht angeführte Methoden der Reinigung des Rohmaterials finde ich bei Pelletan, Les Diatomées, Paris 1888, S. 109—114.

a) Behandlung mit Schwefelsäure und Kaliumchlorat. Ist das Rohmaterial so reich an organischer Substanz, dass die Behandlung mit kochender Salpetersäure zur Oxydation desselben nicht ausreicht, so empfiehlt H. van Heurck die Anwendung des chlorsauren Kali in folgender Weise:

Das durch Behandeln mit Salpetersäure von kohlensaurem Kalke befreite und durch Auswaschen wieder entsäuerte Material wird in einer Porzellanschale mit konzentrirter Schwefelsäure bedeckt, langsam bis zum Kochen erhitzt und einige Minuten darin gelassen. Die Substanz ist dann schwarz und kohlig geworden und wird nun in der Weise entfärbt, dass man tropfenweise eine gesättigte Lösung von chlorsaurem Kali in Wasser hinzufügt. Nach Zusatz jedes Tropfens erfolgt ein heftiges Aufbrausen; man rührt dann mit einem Glasstabe gut um, fügt einen neuen Tropfen hinzu und fährt damit fort, bis die Menge der hinzugesetzten Lösung etwa die Hälfte des Volumens der angewendeten Schwefelsäure ausmacht. Die Masse muss dann gänzlich entfärbt sein; enthält sie immer noch organische Substanz, so ist der Prozess noch einmal zu wiederholen.

F. Kitton wendet anstatt der gesättigten Lösung das Salz selbst in kleinen Stücken an; dieser Methode ist aber wegen der grossen Explosionsgefahr zu widerrathen.

b) Behandlung mit Kaliumpermanganat und Salzsäure. Diese von Brun[1]) ausgebildete Methode beschreibt der genannte

[1]) Journ. de Micrographie. VI. 1882. S. 457.

Autor, wie folgt: Hat man frische Substanz mit noch feuchten Diatomeen, so giebt man zu denselben eine Lösung von 1 Theil Kaliumpermanganat auf 10 Theile Wasser; zu trockenen Diatomeen (auch zu allen fossilen) fügt man eine kleine Menge gesättigter Lösung desselben Salzes, die sogar einige überschüssige Krystalle enthalten darf. Man lässt unter öfterem Umrühren etwa 12 Stunden in einem Glasgefässe von etwa 100 g Inhalt einwirken, am besten in mässiger Wärme, füllt dann das Gefäss bis zur Hälfte mit Wasser, giebt dann 1/2 g gebrannte Magnesia zu, und fügt hierauf von 10 zu 10 Minuten je etwa 1 g reiner Salzsäure hinzu. Man erwärmt während dieses Vorganges auf dem Wasserbade und wäscht dann zu wiederholten Malen mit destillirtem Wasser aus.

Die Wirkung dieser Behandlung beruht auf der Entstehung von Sauerstoff, der energisch oxydirend, und von Chlorgas, welches kräftig bleichend wirkt. Brun erklärt diese Methode für die vollkommenste aller von ihm erprobten Reinigungsarten.

Sind auf diese Weise die organischen Beimengungen beseitigt, liegt das so vorgerichtete Material rein und weiss auf dem Boden des Glases, so würde die nächste Aufgabe die sein, die Diatomaceen noch von den immer vorhandenen grösseren oder geringeren Mengen mineralischer Beimengungen zu trennen, die sich durch Schlämmen oder Sieben nicht haben beseitigen lassen. Man nimmt zu dem Zweck ein gewöhnliches, nicht abgeflachtes Uhrglas von 4—5 cm Durchmesser zur Hand, thut einige kleine Pipetten voll von dem Material mit so viel Wasser hinein, dass dasselbe zu 3/5 gefüllt ist und lässt es so lange stehen, bis sich alles abgesetzt hat. Darauf nimmt man es in die Hand und bewegt es in kleinen kreisförmigen sanften Schwenkungen; in dem hierdurch erzeugten kleinen Wasserwirbel drängen sich die Diatomaceen nach der Mitte, wo sie als kleines weisses Wirbelwölkchen vom Boden aufsteigen. Nun bricht man die Bewegung plötzlich ab, neigt das Uhrschälchen auf die Seite, und sofort fliesst das Wölkchen nach dieser hin ab, wo sich nun die ganz reinen Diatomaceen ablagern, während in der Mitte der Schale die schweren Quarzkörnchen und sonstige mineralische Beimengungen in runden Häufchen liegen bleiben. Erstere saugt man durch die Pipette[1]) auf, um sie in geeigneten Röhrengläschen zu deponiren, während man den Rückstand je nach Umständen weg-

[1]) Zu diesem Zwecke brauchbare kleine Pipetten liefert ebenfalls das mikroskopische Institut von E. Thum in Leipzig.

wirft oder, falls es sich um seltenes Material handelt und derselbe noch begehrenswerthe Formen enthält, ihn zur anderweitigen Behandlung besonders aufbewahrt. Dies Verfahren setzt man so lange fort, bis das gesammte Material vollständig gereinigt ist.

Die so gewonnenen reinen Diatomaceen wäscht man noch ein oder mehrere Male mit destillirtem Wasser aus, und dann sind sie zum Einlegen fertig. Falls man nicht gleich Präparate herstellen will, zieht man das Wasser ab und ersetzt es durch rektifizirten Alkohol, da bei der Aufbewahrung in jenem mit der Zeit Pilzbildungen vor sich gehen, die das Material verunreinigen und somit unbrauchbar machen würden.

Ist das Rohmaterial nicht besonders rein, sondern stark mit unliebsamen Beimengungen vermischt, so muss ein vorbereitendes Verfahren eintreten, da durch direktes Kochen mit Säure unter Umständen noch mehr daran verdorben werden würde. Ist dasselbe trocken und stark mit erdigen Bestandtheilen gemischt (wie z. B. etwa stark diatomaceenhaltiger Schlamm), so zerbröckelt man es in kleine Stückchen und übergiesst es in einem grösseren Becherglase bis zum Rand des letzteren mit kaltem Wasser. Zerfällt es in diesem rasch, was namentlich bei mit Salz imprägnirtem Materiale der Fall ist, so kann es vorkommen, dass ein grosser Theil, wenn nicht alle darin enthaltenen Diatomaceen, soweit dieselben noch intakt und mit Luft gefüllt sind, an die Oberfläche des Wassers steigen und diese als eine zusammenhängende Schicht bedecken, oder sich an der Wand des Glases am Rand der Wasserfläche festsetzen. Geschieht dies, so giesst man das aufgestiegene Material auf ein Filter ab, ergänzt das Wasser wieder und rührt mit einem Glasstäbchen den auf dem Boden des Glases sitzenden Schlamm wiederholt auf, bis keine Diatomaceen mehr an die Oberfläche kommen. Das auf diese Weise gewonnene Material, welches meist nur aus Diatomaceen ohne erhebliche fremde Beimengungen besteht, wird in kochendem Wasser vom Filter abgeschwemmt, worauf es nach dem unter A beschriebenen Verfahren behandelt werden kann.

Den Rückstand, ebenso Material, welches in kaltem Wasser nicht zerfällt, kocht man in Wasser (eventuell unter Zusatz von etwas Salzsäure) so lange auf, bis sich ein vollständiges Zerfallen konstatiren lässt. Etwa hierbei auf der Oberfläche des Wassers entstehende grüne schaumige Massen sind zu untersuchen und, falls sie Diatomaceen enthalten sollten, auf einem Papierfilter abzugiessen,

da sich auf diese Weise nicht selten gewisse Arten abtrennen, mit denen gleichfalls nach der oben beschriebenen Methode verfahren werden müsste. Die aufgekochte Masse ist durch Schlämmen zu behandeln, derart, dass man zuerst in grösseren, etwa 15—20minutigen, dann in allmählich abnehmenden Intervallen die suspendirten Diatomaceen abgiesst, so lange bis der aus gröberem, organischen Schmutz und mineralischen Beimengungen bestehende Rückstand keinerlei beträchtliche Mengen von Diatomaceen mehr enthält, was sich durch kontrolirende Beobachtungen sehr rasch feststellen lässt. Was etwa von solchen noch darin enthalten sein sollte, können nur schwerere, derbere Formen sein, die, wenn ihre Erlangung wünschenswerth erscheinen sollte, in vielen Fällen durch Aussieben leicht gewonnen werden können.

Am schwierigsten und mühsamsten von allen rezenten Materialien ist der Meeresschlamm, der sogen. Schlick, zu behandeln, da derselbe in den meisten Fällen quantitativ sehr unergiebig ist, und doch lohnt kaum ein anderes Material so die Mühe und die Arbeit, wie dieses; wo dasselbe auch immer her sein mag, fast immer enthält es eine Fülle der schönsten und interessantesten Formen.

Da Schlick, wie aller Salzwasserschlamm, beim Einweichen leicht zerfällt, so ist das bereits im vorigen Abschnitt beschriebene Verfahren einzuschlagen, um die etwa aufsteigenden Diatomaceen durch Abgiessen auf ein Filter zu gewinnen. Ist das Material vollständig zerfallen, so muss es durch Siebe behandelt werden und man beginnt zunächst damit, die gröberen Bestandtheile auszuscheiden. Um die Arbeit des Durchsiebens zu erleichtern, empfiehlt es sich, das gesammte Material in einem Topf 15 Minuten lang in $^1/_4$—$^1/_2$ $^0/_0$iger Kalilauge schwach zu kochen, durch Säure zu neutralisiren, gut auszusüssen, und nun erst die Arbeit des Durchsiebens unter Anwendung sehr grosser Wassermengen vorzunehmen. Der Zweck derselben ist nun ebensowohl darauf gerichtet, die noch vorhandenen gröberen Partikel, wie den ganz feinen Schmutz zu beseitigen. Dass man hierbei mit den gröberen Siebnummern zu beginnen und nach den feineren hin vorwärts zu gehen hat, braucht wohl nicht besonders auseinandergesetzt zu werden.

Das Sieben selbst geschieht erfahrungsmässig am besten so, dass man in das Sieb eine mässige Menge Material auf einmal thut und dasselbe dann in einer nicht zu flachen Schale (Suppenteller oder ähnlichem Gefäss) durch sanftes Auf- und Abwärtsschaukeln so lange bewegt, bis sicher vom Material nichts mehr durch die

Maschen abgeht, was man nach einiger Erfahrung sehr rasch erkennen wird. So lange der Rückstand im Siebe bei mikroskopischer Durchmusterung keine Diatomaceen enthält, ist derselbe wegzuwerfen, im anderen Falle das in jeder Siebnummer zurückbleibende Material besonders aufzubewahren. Nach der Behandlung mit dem letzten Gazesieb (Gaze Nr. 20) kann man das durchpassirte Material, welches lediglich aus feinem Schmutz, Sand und Glimmer bestehen wird, weggiessen, da es in den meisten Fällen keine Formen mehr enthalten wird. Sollte ausnahmsweise das Gegentheil eintreten, so ist es aufzubewahren und der gleichen Behandlung zu unterziehen, wie die anderen Sätze.

Die Siebarbeit ist eine sehr langwierige und zeitraubende; da aber auf sie alles ankommt, so versäume man nicht, ganz besondere Sorgfalt darauf zu verwenden.

Das auf diese Weise erlangte Material, welches zur Ueberraschung des Anfängers der Menge nach ausserordentlich reduzirt sein wird, koche man nun — jedoch jeden Satz getrennt — in Salpeter-, danach in Schwefelsäure und, falls sich nach dem Auswaschen noch braune, amorphe Flocken und Partikelchen zeigen sollten, in Kalilauge, ganz wie bereits beschrieben worden ist, bis es nach dem Auswaschen weiss auf dem Boden des Dekantirgefässes liegt.

Das getrennte Kochen der verschiedenen Sätze empfiehlt sich deshalb, weil die grösseren und derberen Formen mit den gröberen Schmutztheilen gemischt sind und daher eine energischere Behandlung durchzumachen und auszuhalten haben, als die feineren und weniger widerstandsfähigeren, welche dabei zu Grunde gehen würden.

Beim Durchmustern einer Probe des so weit präparirten Materials mittelst des Mikroskops wird man finden, dass die Masse noch stark mit mineralischen Bestandtheilen gemengt ist, unter denen sehr feine, kleine Glimmerblättchen bei weitem vorherrschen, und man wird ferner die Erfahrung machen können, dass das oben beschriebene Abtrennungsverfahren mittelst Uhrgläschen hier seinen Zweck nur unvollkommen erfüllt, da die äusserst dünnen Glimmerblättchen zwischen den Diatomaceen flottiren und deshalb nicht abzuscheiden sind. Hier lässt sich nun mit vollkommenem Erfolg ein Verfahren anwenden, welches von Seiten der Mineralogen bei petrographischen Untersuchungen bereits vor längerer Zeit mit dem grössten Nutzen in Gebrauch genommen wurde: die Anwendung der Thoulet'schen Lösung (s. S. 432).

Man thut zu dem Zwecke in einen kleinen Standzylinder von etwa 1,5 cm Oeffnung und 7 cm Höhe eine Menge des in Frage kommenden Materials, jedoch nicht mehr als eine Schicht von 1 cm Höhe und zieht alles überstehende Wasser mit der Pipette ab.

Die Lösung muss man bereits vorher durch Wasserzusatz auf die geeignete Schwere (etwa 2,3) gebracht haben, was sich leicht dadurch kontroliren lässt, dass ein Stückchen Glimmer (spezifisches Gewicht nahezu 3) auf dem Boden des Glases liegen bleibt, bezw. rasch auf diesen sinkt, während ein Stückchen Alkaliglas (spezifisches Gewicht 2,4—2,6) in der Lösung durch geringe schwankende Bewegung zum Flottiren gebracht werden kann, bezw. in ersterer nur langsam untersinkt.

Mit der so vorbereiteten Lösung füllt man nun den Zylinder bis zum Rand und lässt ihn so lange bedeckt und vor Staub geschützt ruhig stehen, bis eine sichtliche Scheidung der Diatomaceen vom Glimmer und den übrigen Mineralien eingetreten ist, was man leicht daran erkennt, dass eine weisse Schicht die Flüssigkeit rahmartig bedeckt und ein deutlicher Bodensatz sich abgeschieden hat, während die dazwischen stehende Flüssigkeit vollständig klar erscheint. Um die Trennung nach Möglichkeit vollständig zu machen, thut man gut, das Gläschen wiederholt durch leichte Schläge mit der Fingerspitze zu erschüttern, wodurch manche durch zufälliges Haften an Diatomaceen mit in die Höhe gezogene Glimmerpartikelchen noch niederfallen.

Das schwimmende Material, welches aus reinen Diatomaceen (gelegentlich gemischt mit Radiolarien und Nadeln von Kieselspongien) bestehen wird, zieht man mit der Pipette ab (was etwa am Rand des Glases haften bleibt, kann mit einem weichen Pinselchen abgestrichen werden), um es in einem anderen Glaszylinder durch Wasserzusatz zu fällen und durch destillirtes Wasser auszuwaschen. Etwa während des letzten Verfahrens sich ausscheidende rothe Kryställchen von Quecksilberjodid lösen sich rasch und vollständig bei einem Zusatz von wenigen Tropfen Jodkaliumlösung, die man deshalb zweckmässig immer vorräthig hält.

Die verdünnte und ausgewaschene Lösung verwahre man in ökonomischer Weise, da man dieselbe durch Verdampfen im Wasserbad leicht wieder konzentriren kann; desgleichen wasche man die Lösung aus gebrauchten Filtern sorgfältig wieder aus, da dieselbe doch immerhin ziemlich kostspielig ist.

Die Thoulet'sche Lösung ist stark giftig und wirkt nament-

lich stark ätzend auf die Schleimhäute, es sei daher hier ernstlich zur Vorsicht bei Anwendung derselben gemahnt.

B. Bei der Behandlung von Proben vom Typus II gilt es, zuerst die Massen in einer Weise zu zerkleinern, dass die darin enthaltenen Formen in der Hauptsache freigelegt werden, ohne selbst darunter zu leiden. Wird dieses Pulverisiren nämlich durch Stossen in einem Mörser, durch Abkratzen mit einem Messer, durch Bürsten oder auf andere mechanische Weise bewirkt, so werden die zarten Kieselschalen selbst mit gefährdet, und man wird wenig Freude am gewonnenen Resultat erleben. Harting[1]) hat nun ein Mittel empfohlen, welches allen Ansprüchen in ausgezeichneter Weise genügt. Man löst nämlich krystallisirtes schwefelsaures Natron (Glaubersalz) in sehr wenig Wasser bei einer Temperatur von 35 bis 40 ^{0} C. und übergiesst mit dieser möglichst konzentrirten Lösung das zu zerkleinernde Mineral derart, dass dasselbe gänzlich von der Flüssigkeit durchtränkt wird. Gleich nach sehr rasch erfolgtem Erkalten derselben geht die Krystallisation des Salzes von Neuem vor sich, wobei das Material durch die mechanische Wirkung der Krystallbildung sichtlich und in auffälliger Weise zum Zerfallen gebracht wird. Es ist genau die Wirkung, wie sie der Frost durch Gefrieren des Wassers hervorzubringen pflegt.

Um das Verfahren nach Bedarf zu wiederholen, braucht man das Gefäss nur gelinde über Wasserdampf oder im Wasserbade zu erwärmen. Das Glaubersalz schmilzt dann in seinem eigenen Krystallwasser und krystallisirt beim Erkalten von Neuem, jedes Mal den Zerfall des Materials weiter fördernd. Falls nach längerem Stehen eine Kalzination des Salzes eingetreten sein sollte, ist ein geringer Wasserzusatz erforderlich.

Bei manchen weniger widerstandsfähigen Materialien reicht eine mehrmalige Wiederholung des Verfahrens vollständig zur genügenden Zerkleinerung aus; bei anderen muss der Prozess öfters wiederholt werden, bevor das gewünschte Resultat erreicht wird.

Ist man so weit, so wird das Material vor Allem gut mit Wasser ausgewaschen. Sollte es kalkhaltig sein, so wird es mit Salpeter- oder Salzsäure übergossen und gegebenen Falls darin, jedoch nur ganz kurze Zeit, gekocht. Längeres Kochen in Säuren ist durchaus zu vermeiden, da es nichts nützen, wohl aber, da die fossilen Diato-

[1]) Harting, Das Mikroskop. Deutsche Ausgabe von Theile. II. Aufl. Bd. II. S. 101.

maceen ohnedies häufig morsch und sehr zerbrechlich sind, den Formen sehr nachtheilig werden kann.

Das so vorbereitete Material wird nun der schon früher beschriebenen Behandlung mit Kalilauge unterzogen, dann gesiebt und geschlämmt, schliesslich im Uhrschälchen behandelt und, wenn nöthig, durch die Thoulet'sche Lösung von etwaigen Glimmerbeimengungen befreit.

C. Thonige Massen des Typus III werden zunächst, wenn sie nicht von selbst im Wasser vollständig zerfallen sollten, unter Zuhülfenahme des Glaubersalzverfahrens zerkleinert und dann so weit im Wasser, eventuell unter Anwendung von Kochen, aufgeweicht, dass sie sich schlämmen und sieben lassen. Das weitere Verfahren ist dasjenige, welches bei der Behandlung des Schlicks auseinandergesetzt ist. Was von der quantitativen Unergiebigkeit des letzteren gesagt worden ist, gilt in noch weit höherem Masse auch meistens von diesen.

D. Von festen Gesteinen des Typus IV sind nur solche einer Präparation fähig, bei denen das Diatomaceen enthaltende Medium vorwiegend oder ganz aus kohlensaurem Kalk besteht, wie dies z. B. bei den Zementsteinen von Mozs und Führ der Fall ist. Man übergiesst solche mit Salz- oder Salpetersäure und lässt sie so lange ruhig stehen, bis sich aller kohlensaure Kalk gelöst, d. h. bis die Kohlensäureentwickelung ihr Ende erreicht hat. Bei manchem Material bleibt bereits nach diesem Verfahren ein ganz reiner Diatomaceenrückstand, der bloss mit Wasser ausgewaschen zu werden braucht, um für das Einlegen fertig und verwendbar zu sein; meistens ist jedoch noch eine fernere Behandlung durch Kochen in Säure, bezüglich in Kalilauge, sowie darauffolgendes Schlämmen nothwendig, bevor das Material den gewünschten Grad von Reinheit erlangt hat. Unlösliches diatomaceenhaltiges Gestein kann nur durch Herstellung von Dünnschliffen für die mikroskopische Beobachtung brauchbar gemacht werden.

Das Spalten der Frusteln wurde schon beiläufig besprochen. Die Zahl derjenigen Formen, welche auch aus dem Kochprozess mit Schwefelsäure ungespalten hervorgeht, ist eine sehr grosse; der Fall tritt daher ausserordentlich häufig ein, dass zu dem schon erwähnten Hülfsmittel des Reibens mit einem recht langhaarigen Aquarellpinsel gegriffen werden muss. Mit der nöthigen Behutsamkeit angewandt, liefert dies Verfahren ein unfehlbar sicheres Resultat und kann daher unbedingt empfohlen werden.

Jedoch müssen gewisse Formen, deren natürliche Gestalt durch das Spalten ganz und gar verloren gehen würde, von dieser Behandlung wenigstens theilweise ausgenommen werden; es sind diejenigen Gattungen, die keine ebenen Hauptplatten besitzen, wie Biddulphia, Amphitetras, Cerataulus, Isthmia u. a. Eine vielfach von Debes beobachtete Thatsache ist es auch, dass in Säure behandelte, sonst schwer spaltbare Formen, in reinem Wasser aufbewahrt, nach längerem, hin und wieder jahrelangem Stehen sich vollständig auseinanderlösen. Ein leichtes Nachkochen in Säuren und Schlämmen genügt dann, das Material fertig zum Einlegen zu bekommen.

Das Trennen und Absondern verschiedener Formen von einander und aus Diatomaceengemengen auf mechanischem Wege ist nicht immer eine leichte, ja ab und zu eine unlösbare Aufgabe; auch hier hängt der Erfolg meistens von Erfahrung und Handfertigkeit ab.

Um Formen verschiedener Grösse von einander zu scheiden, wird immer wieder zum Mittel des Aussiebens, wie es bereits beschrieben wurde, gegriffen werden müssen. Man wählt dann eine Siebnummer, welche die kleinere Form durchpassiren lässt, die grössere zurückhält.

Sind gleich grosse oder nahezu gleich grosse Formen gemischt, so gestaltet sich die Lage schwieriger. Hin und wieder lässt sich durch Dekantiren etwas erreichen, nämlich dann, wenn die in Betracht kommenden Formen bei gleicher Grösse verschieden schwer sind, was von der Differenz in der Dicke der Schalen abhängt. Vor der Präparation gelingt es oft noch besser als nach derselben[1]. Wie bereits erwähnt wurde, steigen aus trocken eingeweichtem Material häufig Diatomaceen an die Oberfläche des Wassers; ab und zu geschieht dies bloss von einer einzelnen Art eines Gemenges.

Auf die häufig entstehenden schaumigen Massen beim Aufkochen rezenten Materials und auf den Umstand, dass sie nicht selten das Resultat freiwilliger Absonderung einzelner Arten sind, wurde bereits aufmerksam gemacht.

Bei gekochtem Material kann man während des Präparirens häufig beobachten, dass gewisse Formen ausserordentlich fest am Uhrglas haften und nur unter Anwendung des Pinsels davon zu

[1] Manche Arten lassen sich namentlich im lebenden Zustande — in sogen. Kulturen — bequem und sicher isoliren.

trennen sind. Auch dies giebt einen Fingerzeig für ein sehr einfaches Abtrennungsverfahren.

Manche Formen haften angetrocknet sehr fest auf Glasflächen, andere weniger; ja manche in so geringem Grade, dass sie sich wegblasen lassen. Zu diesen letzteren zählen namentlich die stark gebogenen Formen, welche nicht mit einer Fläche aufliegen, sondern nur mit einzelnen Punkten an der Glasfläche haften, wie Campylodiscus, Biddulphia, Cerataulus u. a.; die Lehre daraus ergiebt sich von selbst. In solchen Fällen kann man namentlich durch Streichen mit den feinen Spitzen eines trockenen Aquarellpinsels die locker sitzenden Schalen leicht abstreichen, ohne die festhaftenden Formen zu verletzen.

Als Einschlussmittel für die Diatomeen bei der Anfertigung von Dauerpräparaten empfiehlt Debes als die beiden besten die Harze Styrax und Liquidambar mit einem Brechungsindex von etwa 1,63.

Sie geben ausgezeichnet klare, relativ leicht lösbare Strukturbilder und übertreffen daher in der optischen Wirkung den Kanadabalsam um ein Beträchtliches; dabei sind sie ebenfalls so leicht und sicher zu behandeln wie dieser, trocknen rasch bis zur vollständigen Festigkeit aus und sind auch viel weniger spröde, so dass ein Entstehen von irisirenden Stellen oder Abspringen des Deckgläschens, auch ohne Befestigung des letzteren durch Lackring, niemals zu befürchten steht.

Beide Einschlussmittel sind nach der Instruktion des Dr. van Heurck präparirt, sowohl trocken als gelöst, von der „Société anonyme de fabrication de produits chimiques, ancienne maison Emile Rousseau et ses fils, 42 et 44 rue des Ecoles, Paris“ zu beziehen.

Die ziemlich dünnflüssigen Einschlussmittel kann man in Gläschen mit eingeschliffener Pipette, letztere oben durch Gummihütchen abgeschlossen, wie solche von E. Thum und W. P. Stender in Leipzig zu beziehen sind, aufbewahren. Dieselben vereinigen den Vortheil eines staub- und luftdichten Verschlusses mit der Bequemlichkeit eines sicheren Tropfapparates und sind daher allen anderen Vorrichtungen vorzuziehen.

Das Auftragen der Diatomaceen, soweit es sich um sogen. Massenpräparate handelt, bei welchen die Diatomaceen nicht in beschränkter Anzahl, sondern in Menge unter einem Deckglas zur Präparation gelangen, geschieht nun folgendermassen.

Mit einer Pipette hebt man durch Aufsaugen von dem nach dem früher beschriebenen Verfahren gut gereinigten, in einem Röhrengläschen unter Alkohol aufbewahrten Material eine kleine Quantität heraus, lässt dieselbe in ein anderes gut gesäubertes Gläschen gleicher Art tropfen und füllt destillirtes Wasser darüber, welches man, sobald sich die Diatomaceen vollständig gesetzt haben, mit Hülfe der Pipette wiederholt erneuert, bis jede Spur von Alkohol ausgewaschen ist. Schliesslich wird noch einmal destillirtes Wasser aufgefüllt, bis das Gläschen nahezu voll ist.

Die vorher gut gereinigten Deckgläschen, auf welche das Material aufgetragen werden soll, werden auf einer grösseren, womöglich schwarzen oder auf dunkler Unterlage liegenden Glasplatte oder glatten Hartgummiplatte in der Weise befestigt, dass man dieselbe anhaucht und jene auf die so leicht befeuchtete Platte andrückt, auf welcher sie lange Zeit in Folge Adhäsion haften bleiben.

Jetzt wird der Inhalt des Röhrengläschens leicht geschüttelt oder mit Hülfe der Pipette erregt, bis das Material gut vertheilt im Wasser flottirt. Von dieser diatomaceenhaltigen, etwas milchigen Flüssigkeit bringt man nun vermittelst der Pipette einen oder mehrere Tropfen je auf ein Deckgläschen, indem man dieselben leicht darauffallen lässt, wobei man zu beachten hat, dass die Flüssigkeit die ganze Fläche des Gläschens bis zum Rand vollständig und halblinsenförmig ausfüllt. Die in der Flüssigkeit gleichmässig vertheilten Diatomaceen werden sich nun auch gleichmässig niederschlagen und regelmässig auf den Gläschen vertheilen, sofern man diese keiner Erschütterung aussetzt. Sind letztere alle mit Flüssigkeit versehen, so bedeckt man sie zur Abhaltung staubiger Verunreinigungen mit einer Glasglocke oder einem ähnlichen Schutz und lässt sie unter dieser unter Anwendung von Hitze langsam, am besten an Ort und Stelle trocknen, da das Material desto gleichmässiger vertheilt bleibt, je ruhiger und ungestörter man es antrocknen lässt.

Sind die Deckgläschen vollständig trocken, so nimmt man sie mit Hülfe der Pinzette von der Glasplatte ab — sollten sie zu fest daran haften, so kann man sie durch mässiges Erwärmen der letzteren oder durch Unterschieben einer dünnen Messerklinge leicht lockern —, und sieht sie auf einem Objektträger unter dem Präparirmikroskop auf gröbere Verunreinigungen (nachträglich darauf geflogene Fasern u. dergl.) durch, um sie dann wieder unter die Glasglocke zu legen. Hierauf giebt man einen Tropfen der Einschlusslösung darauf, der

sich über das Gläschen flach linsenförmig bis zum Rand vertheilen wird, und überlässt denselben abermals der allmählichen Verdunstung unter der Glasglocke, bis die Lösung zur Konsistenz des zähflüssigsten Syrups eingedickt ist, worauf man das Deckglächen mit einer Pinzette an der Seite fasst und auf den vorher sorgfältigst gereinigten Objektträger auflegt, jedoch ohne dasselbe anzudrücken. Eine ganz geringe vorsichtige Erwärmung des ersteren bewirkt dann die gleichmässige Vertheilung des Einschlussharzes bis zum Rand des Deckglases und den Austritt etwaiger Luftblasen.

Die so hergestellten Präparate hebt man bis zum völligen Austrocknen des Einschlussmittels und der damit erfolgenden Befestigung des Deckglases am besten in horizontaler Lage, mit nach unten gekehrtem Deckglas auf, damit etwa abgelöste Formen sich in dem noch plastischen Medium wieder durch ihr eigenes Gewicht auf jenes, also in denselben optischen Horizont, lagern können.

Sollen die Diatomaceen trocken, also eigentlich mit Lufteinschluss eingelegt werden, so muss der Objektträger vorher mit einer Lackzelle in Gestalt eines Ringes von der Grösse des Deckgläschens versehen werden, welchen man mit Hülfe des Drehtisches herstellt. Es empfiehlt sich am meisten hierzu eine konsistente, alkoholische Schellacklösung; auch in Chloroform oder Aether gelöster Kanadabalsam, wie eine Lösung von gutem syrischen Asphalt in Terpentin mit ein wenig Wachs oder Paraffin versetzt, um das Sprödewerden oder Abspringen desselben zu verhindern, können angewandt werden.

Zu beachten ist, dass die Ringe gut ausgetrocknet sein müssen, damit sich später, nach Verschluss der Zelle, keine Ausdünstungen entwickeln, durch welche das Präparat leicht verdorben werden könnte.

Man legt nun das Deckgläschen mit dem Diatomaceenmaterial mittelst der Pinzette konzentrisch auf den Ring und führt dann mit einem heissen Glas- oder Metallstäbchen sanft und vorsichtig über den Rand des ersteren, bis die durch dasselbe dringende Wärme die Oberfläche des Ringes so weit schmilzt, dass die Deckplatte angekittet wird, was man leicht durch den Augenschein erkennt; doch ist darauf sorgfältig zu achten, dass keine offene Stelle bleibt, durch welche später der Abschlusslack eindringen und das Präparat verderben könnte. Als letzterer ist der Kaiser'sche Maskenlack zu empfehlen.

Will man aus einem Gemenge von Diatomeen eine oder mehrere bestimmte Arten aussuchen und zu einem Präparate vereinen, so

verfährt man folgendermassen: Zunächst wird das Material, welches die auszusuchenden Formen enthält, auf grössere Deckgläser (12 bis 18 mm) ganz in der oben beschriebenen Weise aufgetragen und nach dem Eintrocknen gut vor Staub geschützt aufbewahrt. Falls die gewünschten Formen nur sehr spärlich in dem bezüglichen Material vorkommen sollten, thut man gut, erst eine Anzahl solcher Platten unter dem Präparirmikroskop abzusuchen und die gefundenen Formen auf einem zweiten Deckglas zu sammeln, bevor man sie legt.

Man befestigt am einfachsten beide Deckgläser — das abzusuchende *A* mit dem gefundenen Material und das leere *B* zum Ansammeln der Formen — auf einem Objektträger dicht neben einander, indem man ersteren anhaucht und die Gläschen leicht andrückt, so dass sie durch Adhäsion haften. Das Aussuchen selbst geschieht, wie alle darauffolgenden Manipulationen, unter Anwendung schwächerer und mittlerer Vergrösserungen (30—60fach).

Fassen und Uebertragen der Diatomaceen bewerkstelligt man mit einem 15—20 cm langen, dünnen Stäbchen, an dessen einem etwas zugespitzten Ende eine sehr spitze Borste befestigt ist. Am geeignetsten hierzu sind die Augenwimpern des Schweines oder die Borsten vom Vordertheil des Igels, weil dieselben einerseits steif und elastisch, andererseits mit sehr fein auslaufenden Spitzen versehen sind. Da unter beiden die verschiedensten Stärkegrade vorkommen, kann man sich, je nach Bedürfniss, die geeigneten Nummern aussuchen, denn es ist zweckmässig, mehrere solcher Stäbchen mit Borsten verschiedener Stärke und Spitze zur Verfügung zu haben. Auch kann man zum Auslesen sich eines Rosshaares bedienen, welches mit feinem Smirgel auf einer Glasplatte so weit spitz geschliffen wird, dass es unter dem Mikroskope eine scharfe Spitze besitzt, oder eines Haares aus einer viel gebrauchten Kleiderbürste. Die Borsten befestigt man, indem man die Spitze des Stabes spaltet, erstere einlässt und mit Leim oder Schellack einkittet.

Die auf Platte *A* aufliegenden Formen haften bei der geringsten Berührung an der Spitze der Borste und können so leicht auf *B* übertragen werden, wo man dieselben wieder an der Oberfläche abstreicht. Es empfiehlt sich, die Schalen auf der Sammelplatte *B*, der leichteren Uebersichtlichkeit wegen, nahe zusammen und womöglich so zu legen, wie sie gebraucht werden, also z. B. Eupodiscus und ähnliche gewölbte Formen mit der konvexen Seite nach unten.

Die weitere äusserst mühevolle Behandlung dieser ausgelesenen Diatomaceen bis zur Fertigstellung des Präparates kann hier nicht beschrieben werden, und es muss auf die Originalabhandlungen um so mehr verwiesen werden, als fast jeder, der so weit kommt, sich seine eigenen Methoden und Kunstgriffe ausbildet.

Kapitel 74.

Gewinnung kleiner organischer Reste aus quartären Ablagerungen.

Eine zusammenfassende Darstellung der hierfür in Betracht kommenden Methoden hat H. Munthe gegeben [1]. Ich lasse dieselbe hier in Uebersetzung folgen.

Die organischen Reste, die in grösserer oder geringerer Menge in den Quartärablagerungen sich finden, können nach ihrer verschiedenen Widerstandsfähigkeit gegen Säuren u. s. w. in folgende drei Gruppen getheilt werden: 1. Solche, die aus kohlensaurem Kalke resp. Magnesia bestehen und darum in Salzsäure und einem Gemenge von Schwefelsäure + Salpeter (s. u.) gelöst werden können. Hierhin gehören die Schalen oder Skeletttheile von Mollusken, Krustaceen, Bryozoen, Brachiopoden, Röhrenwürmern, Echinodermen, Kalkkorallen, Kalkschwämmen und Rhizopoden, sowie Kalkalgen. 2. Solche, die aus Chitin, Zellulose und Aehnlichem bestehen und deshalb nicht in verdünnter Salzsäure, wohl aber in konzentrirter Schwefelsäure + Salpeter gelöst werden können. Hierhin gehören unter anderen die Epidermis von Molluskenschalen, die Körperbedeckungen vieler Gliederthiere, die Statoblasten von Rhizopoden (z. B. Cristatella), sowie Pflanzenreste. 3. Solche, die aus Kieselsäure bestehen und demnach weder von Salzsäure noch von Schwefelsäure + Salpetersäure angegriffen werden. Hierhin gehören besonders Diatomaceen, Radiolarien und Kieselschwämme. Indem man nun das verschiedene Verhalten der Fossilien gegen die oben genannten Reagentien und einige unten angeführte Umstände berücksichtigt, kann man aus einer und derselben Probe alles gewinnen, was für die paläontologische Untersuchung von Interesse sein kann, und ausserdem Material für eine chemische Untersuchung, falls eine solche wünschenswerth sein sollte. Ich gehe nun über zu einer

[1]) Geol. Fören. Förhandl. Stockholm 1894. XVI. S. 17.

Darstellung der Schlämmmethode und beginne mit der ersten Behandlung der Probe, in dem Falle, dass dasselbe Material sowohl biologisch wie chemisch untersucht werden soll, was gewöhnlich dann stattfinden muss, wenn nur eine geringe Menge Untersuchungsmaterial zur Verfügung steht.

I. Behandlung der Probe für biologische und chemische Analyse.

Die Probe wird zerkleinert, soweit sich das ohne Beschädigung grösserer Schalenreste machen lässt, und in einem niedrigen, kleinen Glasbecher, z. B. von 150 cm³ Inhalt, in destillirtes Wasser gelegt. Wenn der Probe Thon oder Sand beigemengt ist, so zerfällt sie oft ziemlich rasch, worauf das thonige oder feinere Material im Allgemeinen durch vorsichtiges Umrühren mit einem Glasstabe aufgeschlämmt und durch ein Filtrirtuch mit Maschen von ungefähr 0,2 mm Durchmesser in einen grösseren Becher filtrirt wird. Neue Quantitäten destillirten Wassers werden zugesetzt und das Aufschlämmen sammt Filtriren durch das Tuch so lange vorgenommen, bis alles Material, welches kleiner als die Maschen ist, durchgegangen ist. Die kleineren Thonklümpchen, die gewöhnlich auf dem Tuch liegen, können mittelst einer Feder vorsichtig zertheilt und hierauf durch das Tuch gespült werden.

Durch diese Behandlang wird die Probe in zwei Theile zertheilt, einen gröberen aus Material mit mehr als 0,2 mm Korngrösse und einen feineren von geringerer Korngrösse. Der erstere kann nun, abgesehen von Kies und gröberem Sand, Vertreter der unter 1 und 2 angeführten Organismen enthalten, wogegen die unter 3 genannten in der Regel so fein sind, dass sie mit dem Thonschlamm und dem feinen Sand durch die Maschen gehen. Das Filtrat, wie man in Kürze die Flüssigkeit mit dem zuletzt genannten feineren Material nennen kann, wird hierauf in einer Porzellanschale auf dem Wasserbade bis zur vollständigen Trockenheit verdampft. Hierauf nimmt man mit einem Messer die Hälfte der Probe aus der Schale und erhält so eine Durchschnittsprobe für die chemische Analyse, während das Uebrige auf Kieselschalen, besonders Diatomeen, nach der S. 598 und in Kapitel 73 angegebenen Methode untersucht wird.

II. Behandlung der Probe nur für biologische Untersuchung.

Wenn die Probe nicht chemisch untersucht werden soll, so wird zuerst nach der von Professor Nathorst beschriebenen Methode behandelt, die hauptsächlich darin besteht, dass sie ohne Beschädigung der grösseren Fossilien in kleine Stücke zerbrochen und auf ein Messingnetz mit Maschen von 1—2 mm Durchmesser gelegt wird. Dasselbe wird in eine Schale mit gewöhnlichem, reinem, diatomeenfreiem Wasser eingesenkt, in welchem man die Probe zerfallen lässt; die feineren Bestandtheile (Thon, Sand und kleinere Fossilien) gehen durch die Maschen, was man durch vorsichtiges Auf- und Niederführen des Netzes im Wasser unterstützt. Kleine zurückgebliebene Thonklümpchen können leicht mit einem Pinsel zertheilt werden. Auf dem Netze befinden sich natürlich die Objekte, die grösser als die Maschen desselben sind und wozu die unter 1 und 2 angeführten organischen Reste gehören können. Dieselben werden für sich aufbewahrt und können noch in mehrere Grössen zerlegt werden, indem man sie durch Siebe von verschiedener Maschengrösse (5, 3 und 2 mm) durchsiebt. Was die endgültige Präparation und Aufbewahrung betrifft, so mag in Bezug auf Pflanzen auf die in Kapitel 72 angegebenen Methoden und in Bezug auf die übrigen Reste auf das unten Folgende hingewiesen werden.

Das Filtrat, welches die unter 1, 2 und 3 aufgezählten kleineren Reste enthalten kann, wird mittelst eines Glasstabes aufgeschlämmt und weiterhin durch ein Tuch mit Maschen von 0,2—0,5 mm Durchmesser filtrirt. Ein solches von 0,5 mm ist gewöhnlich noch hinreichend fein, um auch kleinere Rhizopoden, Ostrakoden u. s. w. am Hindurchgehen in das neue Filtrat zu verhindern. Durch Anwendung des gröberen Tuches wird die Filtrirung des feineren Materials wesentlich beschleunigt. In jedem Falle muss man aber einen Theil dieses Filtrats durch das feinere Tuch mit Maschen von 0,2 mm geben und davon sowohl den Rückstand als auch das Filtrat für sich aufbewahren, da das letztere in manchen Fällen winzig kleine Objekte, beispielsweise Pollen von Nadelhölzern, enthält. Nachdem man kleinere Thonklümpchen etc., die auf dem 0,5 mm-Tuch sich befinden, mit einer Feder vorsichtig zertheilt und in das vorher durch dasselbe Tuch erhaltene Filtrat hineingespült hat, hat man demnach die Probe in folgende zwei Haupttheile zerlegt: 1. einen Rückstand, welcher Fossilien, grösser als

0,5 mm nebst kleinen Mengen von einer Grösse theils zwischen 0,5 und 0,2, theils kleiner als 0,2 mm enthält; 2. ein Filtrat, welches Sand u. dergl., sowie Fossilien enthält, die kleiner sind als 0,5 bezw. 0,2 mm; letztere werden mit den Filtraten für die Untersuchung auf Diatomeen oder auf die oben unter 3 angeführten mikroskopischen Kieselschalen zusammengebracht. Die Konservirung und Präparation der oben unter 1 aufgeführten Fossilienreste kann etwa folgendermassen geschehen: a) Das Material, welches grösser ist als 2,5 mm, und Reste der oben unter 1 und 2 genannten Fossilien enthalten kann, wird ausgelesen, wobei die Schalentheile von Mollusken, die Fragmente von Echinodermen und anderes in Glasröhren eingelegt werden, während die Pflanzenreste nach der Andersson-Nathorst'schen Methode weiter behandelt werden. b) Das Material, welches feiner ist als das unter a angegebene, aber gröber als 0,5 mm, besteht oft aus kleineren Mollusken- und Rhizopodenschalen, seltener aus Bryozoen- und Echinodermenfragmenten, die alle gleichfalls in Glasröhren aufbewahrt werden, wogegen Ostrakoden und andere Entomostraceen, Epidermis-Fragmente von Molluskenschalen, Insekten u. s. w., sowie Statoblasten in Kanadabalsam eingelegt werden, nachdem das Objekt zuvor auf einem Deckglase mittelst einer Lösung von Tragantgummi befestigt ist, der über einer Gas- oder Spiritusflamme vorsichtig bis zur Trockenheit verdunstet wird. Auf letztere Weise werden auch die Fossilienreste präparirt (Pollen u. s. w.), die man aus dem Filtrat erhält, welches durch 0,2 und 0,5 mm-Tücher gegangen ist.

Zu dem Filtrate, welches oben als 2 bezeichnet wurde, ebenso wie zu dem oben beschriebenen Rückstande der Probe für biologische und chemische Analyse (I), wird rohe Salzsäure hinzugesetzt, bis das Aufbrausen aufhört und der Karbonatgehalt der Probe gelöst ist. Die Probe wird hierauf in einen Glasbecher von passender Grösse (500—1000 cm^3) gebracht, der mit gewöhnlichem reinem Wasser gefüllt wird, worauf die gelösten Salze, die überschüssige Säure u. s. w. sammt dem feinen Thonschlamm mittelst wiederholten Dekantirens entfernt werden (5—6 mal oder noch öfter bei grösseren Proben feinen Thons). Zwischen jeder Dekantirung muss man indess der Probe ½—¾ Stunde Zeit lassen zum Absetzen[1]).

[1]) Bevor das oben mit 2. bezeichnete Filtrat mit Salzsäure behandelt wird, dekantirt man dasselbe in ¾stündigen Pausen, damit die Säure desto kräftiger und vollständiger auf das Material einwirken kann.

Nach der letzten Dekantirung wird die Probe unter Umrühren bis fast zur Trockne in einer Porzellanschale abgedampft, unter Umrühren mit dem doppelten Volumen konzentrirter, ungereinigter Schwefelsäure erwärmt, bis dieselbe zu riechen beginnt, und hierauf Natronsalpeter in geringer Menge zur Oxydation der organischen Substanzen zugesetzt, bis die Probe eine helle, im besten Falle weisse Farbe annimmt. Nach der Abkühlung wird die Probe in einem grossen Becherglase von 500—1000 cm^3 mit gewöhnlichem Wasser aufgenommen, mit einem Glasstabe umgerührt und hierauf in der angegebenen Weise von Neuem dekantirt, bis alle Salze und anderes fortgeschafft sind, wobei gleichzeitig ein grosser Theil des noch übrigen Thonschlammes mit fortgeht.

Hierauf wird die Probe mittelst gewöhnlichen Wassers in eine Porzellanschale gespült und bis fast zum Kochen erwärmt, mit einigen Kubikzentimetern Natronlauge versetzt, einige Minuten umgerührt, in einen grossen Glasbecher gebracht und wie vorher dekantirt[1]).

Der nun noch vorhandene Rest der Probe, der aus feinen Sanden, etwas Thonschlamm und möglicher Weise Diatomaceen, Radiolarien oder Spongiennadeln besteht, wird in ein kleineres Becherglas von 200—300 cm^3 gebracht, welches mit Wasser — am besten mit destillirtem — gefüllt wird. Man lässt ihm 4—5 Minuten Zeit zum Absetzen und bringt dann die Flüssigkeit mit dem noch schwebenden Material in einen anderen, grösseren Becher. Damit fährt man so lange fort, bis so gut wie alles feinere, leichtere Material von dem gröberen und schweren getrennt ist. Den Becher mit dem feineren Material muss man hierauf ruhig stehen lassen und dekantirt ihn später in gewöhnlicher Weise, um ihn von dem noch vorhandenen Thonschlamm zu befreien.

Inzwischen wird die eigentliche Anreicherung des gröberen Materials vorgenommen und in der Weise ausgeführt, dass das ganze Material (wenn es wenig ist) oder Theile desselben in kleinere, weite und niedrige Glasbecher gebracht werden, die etwa 150 cm^3 fassen, zusammen mit Wasser, welches den Boden 1,5—2 cm hoch bedeckt.

Nachdem das Material zum grösseren Theile gesunken ist,

---

[1]) Die Gegenwart von geringen Mengen von Natronlauge veranlasst bekanntlich ein schnelleres Niedersinken des Thonschlammes, so dass nunmehr die Dekantirung in Zwischenräumen von 10—15 Minuten geschehen kann.

setzt man das Wasser in drehende Bewegung, indem man den Becher mit der Hand in horizontaler Richtung in Kreisen bewegt, deren Grösse im Uebrigen der des Bechers proportional sein muss und in jedem Falle leicht beurtheilt werden kann.

Diatomaceen und andere Kieselschalen, die spezifisch leichter sind als die kompakten Sandkörner, werden durch diese Bewegung aufgeschlämmt und mit dem Wasser in einen anderen, ähnlichen Becher abgegossen, während die Sandkörner und ein Theil der Diatomaceen, die sich bei der Drehung in der Mitte des Bodens angesammelt haben, grösstentheils zurückbleiben. Der letztgenannte Rückstand kann fortgegossen werden, sofern nicht die mikroskopische Untersuchung eine nennenswerthe Menge von Diatomaceen nachweist, in welchem Falle derselbe nochmals in der angegebenen Weise angereichert wird. Inzwischen hat das Material der ersten Anreicherung sich absetzen können und da ein etwas feinerer Sand beim Abgiessen gewöhnlich den Diatomeen folgt, so muss die Anreicherung wieder und wieder vorgenommen werden, später in immer kleineren Bechern, bis schliesslich die Diatomeen so gut wie vollständig von Sand gereinigt sind, was durch die mikroskopische Untersuchung konstatirt wird.

Hierauf wird die Anreicherung des zuerst abgegossenen Materials vorgenommen; wenn die Probe gross ist, ist es zweckmässig, dieselbe noch weiter nach der Korngrösse in zwei oder drei Theile zu zerlegen, in der Weise, dass das feinste, welches in dem mittelgrossen Becher (200—300 cm^3) nach Verlauf von 15 Minuten noch nicht niedergesunken ist, zuerst abgegossen wird, hierauf das Material, welches nach 10 Minuten noch schwebt, worauf das niedergesunkene den drittgröbsten Theil ausmacht. Die Anreicherung geht in der Hauptsache ebenso vor sich, wie bei dem gröbsten Material, nur mit dem Unterschiede, dass dem feineren zwischen jeder Drehbewegung längere Zeit zum Absetzen gelassen werden muss.

Bei jeder Drehung darf nicht mehr Probe genommen werden, als dass der Boden des Bechers nach dem Niedersinken von einer dünnen, höchstens 0,2 mm dicken Schicht bedeckt ist. Weiterhin muss, nachdem der meiste feine Sand fortgeschafft ist, die Probe ganz oder theilweise in kleinere Becher gebracht werden, zuletzt in solche, die nur 15—20 cm^3 fassen, worauf durch vorsichtige Bewegung die Diatomeen gewöhnlich fast vollständig rein erhalten werden können.

Wenn die Probe in dieser Weise in ihrer Gesammtheit hinreichend angereichert ist, so wird sie zweckmässig in zwei bis drei Theile von verschiedener Korngrösse getheilt, welche jeder für sich in einem kleinen Becherglase mit einer Lösung von Gummitragant aufgenommen und rasch mit dem Glasstabe umgerührt werden, worauf einige Tropfen sofort auf ein Deckglas gebracht werden, welches darauf vorsichtig erwärmt wird, bis die Flüssigkeit abgedunstet ist, worauf die Diatomeen mittelst des Gummis auf dem Glase befestigt sind. Dieses wird hierauf auf dem Objektglase befestigt, auf welchem sofort ein wenig Kanadabalsam, oder noch besser eine Lösung von vollkommen reinem krystallinischem Storax in Benzol aufgetragen ist. Nachdem der Kanadabalsam resp. Storax bis zum Kochen erhitzt und die Luftblasen zum grössten Theil entfernt sind, lässt man das Präparat abkühlen, Storaxpräparate jedoch erst, nachdem sie im Trockenschranke oder auf andere Weise gehärtet sind. Soll die angereicherte Diatomeenprobe direkt und ohne die zuletzt genannte Einbettung einem Spezialisten zur Bestimmung gesandt oder die Hauptmasse derselben aufbewahrt werden, so bringt man sie in kleine, starke Glasröhren mit Spiritus. Nicht selten passirt es, dass in der Probe nach der Behandlung mit konzentrirter Schwefelsäure sich in grösserer oder geringerer Menge kleine, weisse, durchscheinende Klümpchen zeigen, die in manchen Fällen wahrscheinlich aus Gyps, in anderen aus Thon bestehen; dieselben können gewöhnlich ganz leicht fortgeschafft werden durch Kochen der Probe in Wasser, welchem so viel Soda zugesetzt wird, dass eine deutliche alkalische Reaktion eintritt, oder noch durch Zusetzen von etwas Natronlauge; doch muss von letzterer jedes Mal nur eine ganz geringe Menge zugefügt werden, da man sonst gewärtigen muss, dass die Kieselschalen sich auflösen.

Für die Untersuchung auf Diatomeen genügt in der Regel die Anwendung einiger Kubikzentimeter der ursprünglichen Probe, da es ja gewöhnlich nur darauf ankommt, den allgemeinen Charakter der eingeschlossenen Diatomeenflora zu bestimmen, eine Frage, die nach dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft meist auf Grund einiger weniger Arten beantwortet werden kann. Wenn grössere Proben auf die zu I und II gehörenden Reste untersucht werden sollen und nur ein kleiner Theil auf Diatomeen, so ist es zweckmässig, beim Filtriren den grössten Theil des feineren Schlammes direkt fortzuschaffen, was durch Anwendung eines Glasbechers mit einer Oeffnung am Boden geschehen kann.

Kapitel 75.

Die Präparation von Foraminiferen und anderen mikroskopischen Thierresten.

Die Gewinnung von Foraminiferen, Radiolarien, Cypridinen und ähnlichen kleinen Schalthieren. Die Behandlungsweise ist ganz verschieden nach dem Materiale, in welchem die genannten winzigen Körper eingeschlossen sind. In den älteren Formationen sind es meist erhärtete Gesteine, Kieselschiefer, Kalksteine, Schieferthon, feste Mergel, in den jüngeren dagegen mehr oder weniger plastische Thone, Thonmergel, ganz feine Sande oder Aehnliches. Durch längeres Aufweichen in Wasser zerfallen die meisten Thone zu einem Brei; manche thun dies erst, nachdem man sie anhaltend gekocht hat, und bei einer kleinen Zahl, bei welcher auch das nicht nützt, verfährt man in der Weise, dass man den Thon in kleinen Stücken in eine heisse, gesättigte Salpeter- oder Glaubersalzlösung einträgt, dieselbe eine Zeit lang kocht und dann abkühlen lässt. Das in die Poren des Thones eingedrungene Salz krystallisirt beim Erkalten aus und zersprengt den Thon in winzige Stückchen, ohne die eingeschlossenen Schälchen zu verletzen. Man wiederholt diese Operation, bis der Thon vollkommen zu einem weichen, feinen Brei zerfallen ist. Alsdann verdünnt man mit viel Wasser, rührt um und giesst, nachdem man einen Augenblick hat absetzen lassen, die Flüssigkeit mit den in ihr schwebenden Thontheilchen ab. Dieses Verfahren wiederholt man so lange, bis sich die Flüssigkeit bei weiterem Umrühren nicht mehr trübt. Im Rückstande hat man dann die gesammten thierischen organischen Reste, ausserdem aber in den meisten Fällen grosse Mengen feineren oder gröberen Sandes, Konkretionen von Schwefelkies, Limonit oder kohlensaurem Kalke, Holzreste, Braunkohlenstückchen u. a. m. Um einen besseren Ueberblick zu gewinnen, thut man am besten, den auf dem Wasserbade getrockneten Rückstand durch mehrere feinmaschige Siebe zu geben, dadurch in einzelne Korngrössen zu zerlegen und diese unter dem Mikroskop bei schwacher Vergrösserung (6—10mal) zu prüfen. Man wird dann oft erkennen, dass die gröbsten Theilprodukte nichts von dem gesuchten Materiale enthalten und darum beseitigt werden können. Aus dem Reste liest man, nachdem man ihn auf schwarzem Papiere ausgebreitet hat, die grösseren Foraminiferen etc. mit Zu-

hülfenahme einer guten Lupe und eines schwach angefeuchteten spitzen Pinselchens oder einer zugespitzten Borste aus. Für die kleineren Foraminiferen u. s. w. ist zum Aussuchen das Mikroskop nöthig; weit besser ist aber die im Folgenden beschriebene Methode Stelzner's [1]), der sich zur Isolirung der Foraminiferen aus dem Schlämmrückstande mit bestem Erfolge der Thoulet'schen Lösung (s. S. 432) bediente. Den Rest, den er erhielt, nachdem er in der oben angegebenen Art und Weise die körnigen Theile entfernt hatte, zerlegte er mittelst eines Siebes mit 124 Maschen auf den Quadratzentimeter in zwei Produkte, ein gröberes, aus welchem er die grossen Foraminiferen und anderen Versteinerungen mit Leichtigkeit mit Lupe und Pinzette auslesen konnte, und ein feineres, welches einer besonderen Behandlung unterworfen wurde. Er trug das letztere in eine konzentrirte Kaliumquecksilberjodidlösung ein und verdünnte dieselbe durch Zusatz von destillirtem Wasser mehr und mehr. Dadurch erhielt er eine grosse Anzahl von Theilprodukten, indem nach jeder Verdünnung wieder ein Theil zu Boden sank und isolirt wurde. Als Apparat benützte er einen Glastrichter, dessen Ausflussrohr durchschnitten, hierauf durch ein Stück Kautschukschlauch wieder zusammengefügt und an der so neu geschaffenen Verbindungsstelle mit einem Quetschhahn versehen worden war. Die Grenzwerthe der jeweiligen Dichte der Thoulet'schen Lösung wurden (s. S. 467) durch Indikatoren bestimmt. Die Theilprodukte wurden ordentlich mit destillirtem Wasser ausgewaschen und auf dem Wasserbade getrocknet.

Die Untersuchung der zahlreichen Einzelprodukte, deren Zahl noch durch vorherige Zerlegung des feineren Siebproduktes in drei Korngrössen mittelst zweier Siebe von 400 und 1400 Maschen auf den Quadratzentimeter vermehrt wurde, ergab für unsere Zwecke folgende wichtige Resultate:

Aus einer Lösung, deren spezifisches Gewicht zwischen 3,045 und 2,938 steht, fallen alle in Schwefelkies verwandelten oder damit erfüllten Foraminiferen und anderen organischen Reste, sowie alle schweren Mineralien aus. Das Foraminiferenmaterial gewährt zwar unter dem Mikroskop einen reizenden Anblick, ist aber für nähere Untersuchung nicht zu verwerthen.

---

[1]) Ueber die Isolirung von Foraminiferen aus dem Badener Tegel mit Hülfe von Jodidlösung. Ann. des k. k. naturhist. Hofmuseums. V. S. 15—19. Wien 1890.

Aus der Lösung, deren Dichte allmählich von 2,938 bis auf 2,6 herabgesetzt wird, fallen dann nach einander die theilweise verkiesten Foraminiferen und die leichteren Mineralien, Quarz, Feldspath, Glimmer, Kalkspath u. a. aus.

Die Hauptmasse der Foraminiferen erhält man in ausgezeichneter Beschaffenheit und Reinheit, wenn man nun die Flüssigkeit in mehreren Abstufungen bis auf die Dichte 2,007 (Opal) bringt. Zuerst fallen die ausgefüllten, zuletzt die mehr oder weniger hohl gebliebenen Schalen zu Boden.

Ist die Lösung noch leichter wie 2, so dass also Opal in ihr sinkt, so schwimmt auf ihr noch ein Rest, der ganz und gar aus vollkommen hohl gebliebenen Schalen besteht, die die allerfeinsten Details des Schalenbaues nach ihrer Einbettung in Kanadabalsam verrathen.

Sind die beschriebenen Methoden durch die Härte der die organischen Reste einschliessenden Gesteine nicht anwendbar, so stehen zwei Wege offen: entweder fertigt man Dünnschliffe des Gesteines an oder man zerkleinert dasselbe im Mörser zu einem mässig feinen Pulver; im ersteren Falle erhält man natürlich Querschnitte durch die gesuchten organischen Reste und ist in Bezug auf Menge und günstige Lage derselben in hohem Masse vom Zufalle abhängig; trotzdem hat man bei sehr harten Gesteinen, wie Kieselschiefer, kaum einen anderen Weg und kann diesen Nachtheil nur durch eine grosse Zahl von Präparaten etwas ausgleichen. Der zweite angegebene Weg, die Zerkleinerung des Gesteins, wird hauptsächlich bei Kalksteinen eingeschlagen. Beim Zertrümmern des Gesteins springen eine ganze Anzahl der winzigen Schälchen aus demselben ganz oder theilweise heraus und können aus dem durch Auswaschen vom feinen Staube befreiten Pulver unter dem Mikroskop bei schwacher Vergrösserung ausgelesen werden. Die Zertrümmerung muss so weit getrieben werden, dass die einzelnen Körnchen unter Stecknadelkopfgrösse herabgehen; den ausgewaschenen und getrockneten Rückstand legt man auf Objektträger in eine dünne Terpentinschicht, wodurch das Erkennen der etwa herausgesprungenen Foraminiferen wesentlich erleichtert wird. Hat man erkannt, dass die Foraminiferen eines Kalkgesteines ganz oder zum Theil verkieselte Schalen besitzen, so ist es oft von Vortheil, eine grössere Menge des Verwitterungsbodens von solchem Kalkstein zu schlämmen und aus dem der Grösse der gesuchten Foraminiferen entsprechenden Theilprodukte dieselben in der angegebenen Weise unter dem Mikroskop bei schwacher Vergrösserung auszulesen.

In vielen Fällen kann es wünschenswerth sein, die Wachsthumsverhältnisse und die Beschaffenheit der inneren Kammerwände der Foraminiferen genau kennen zu lernen. Zu diesem Zwecke bedient man sich der folgenden von Beissel für Foraminiferen und Bryozoen angewendeten Methode [1]): Die Schalen, von denen Steinkerne hergestellt werden sollen, müssen natürlich hohl sein und möglichst reine Kammern haben. Dieselben werden äusserlich gereinigt und dann in eine mit Kieselsäure gesättigte Wasserglaslösung gelegt, welche man in der Weise herstellt, dass man zu einer Lösung käuflichen Wasserglases so viel Kieselgallerte hinzufügt, dass ein Ueberschuss derselben bleibt. Nach langsamem Anwärmen zum Austreiben der Luft aus den Schalen dampft man die Lösung bis zur Syrupdicke möglichst langsam ein. Am besten ist es, dieses Eindicken durch Verdunstung bei Zimmertemperatur zu bewirken, was etwa 12 Stunden dauert. Die Flüssigkeit ist dabei öfters umzurühren, damit sie keine Haut auf der Oberfläche bildet. Hierauf werden die Schalen vorsichtig aus der Flüssigkeit genommen, am besten mittelst eines Pinsels, und in einer flachen Schale mit einer Lösung von Ammoniak übergossen, welche man zweckmässig mit etwas Kupfervitriollösung blau färbt. Sind die Schalen von der Flüssigkeit durchdrungen, so giesst man diese bis auf einen kleinen Rest ab, welcher dann möglichst vorsichtig mittelst Chlorwasserstoffsäure neutralisirt wird, wobei darauf zu achten ist, dass die Schalen nicht angegriffen werden dürfen. Dann wird die Flüssigkeit langsam eingedampft, die Schalen herausgenommen und, nachdem sie vollständig ausgewaschen sind, wieder in Wasserglas gelegt und das Verfahren von vorher wiederholt. Am besten ist es, wenn man die ganze Operation dreimal vornimmt, oft genügt aber auch ein zweimaliges Fällen von Kieselsäure in den Kammern. Nach den Erfahrungen Beissel's genügte dagegen ein einmaliges Bad in Wasserglas nie. Die Gehäuse, in deren Kammern nun Kieselsäure ausgeschieden ist, werden dann — am besten in einem Uhrglase — in sehr verdünnte Salzsäure gebracht, um die Schalen aufzulösen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Entwickelung der Kohlensäure möglichst langsam vor sich gehen muss, wenn durch deren mechanische Einwirkung der Steinkern nicht zerstört werden soll. Man bringt daher zweckmässig [die Schalen in Wasser und

[1]) Beissel, J., Die Foraminiferen der Aachener Kreide. Abhandlungen der Königl. Preuss. geol. Landesanstalt. Neue Folge. Heft 3. S. 5. Berlin 1891.

setzt vorsichtig tropfenweise die Säure zu. Erst wenn die Schale aufgelöst ist, kann man zur Entfernung der letzten Schalenreste die Steinkerne in konzentrirte Säure bringen, resp. diese aufgiessen und erwärmen. Dann werden, immer ohne die sehr leicht zerstörbaren Steinkerne zu berühren, dieselben möglichst ausgewaschen, dann das Wasser abgegossen und durch Alkohol ersetzt. Mit diesem erwärmt man vorsichtig, bis die Luft ausgetrieben ist, und bettet dann die nun fertigen Steinkerne auf dem Objektträger vollständig in Kanadabalsam ein, den man zunächst etwas mit Terpentin verdünnt. Diese Steinkerne werden in dem Balsam vollständig durchsichtig und eignen sich vortrefflich zur mikroskopischen Untersuchung.

Kapitel 76.

Das Sammeln und Präpariren grösserer wirbelloser Thiere.

Ich verstehe darunter solche, deren Aufsuchung und Untersuchung die Anwendung des Mikroskopes nicht erforderlich macht, also die Reste von Echinodermen, Cephalopoden, Gastropoden, Brachiopoden u. s. w. Im 8. Kapitel dieses Werkes ist über die verschiedene Art und Weise der Erhaltung dieser organischen Reste, über das Versteinerungsmaterial und über die grössere oder geringere Häufigkeit derselben in den verschiedenen Gesteinen Näheres mitgetheilt, worauf hiermit verwiesen sei. Die zur Anwendung gelangenden Sammel- und Untersuchungsmethoden gliedern wir zweckmässiger Weise in solche, die auf der natürlichen Lagerstätte der Fossilien zur Anwendung gelangen, und zweitens in solche, die mit dem gesammelten Material im Hause ausgeführt werden.

I. Arbeiten im Felde. a) Die Ausrüstung. Die Ausrüstung des sammelnden Paläontologen setzt sich aus einer Reihe von Gegenständen zusammen, unter denen folgende die wichtigsten sind:

1. Ein Behälter zum Transportiren des gesammelten Materials. Als solcher kann zweckmässig ein weitmaschiges Netz, wie es unsere Hausfrauen zu Markteinkäufen gebrauchen, Verwendung für die Unterbringung des Materials an Ort und Stelle finden. Für den weiteren Transport bis zur nächsten Bahnstation oder etwas Aehnlichem ist dagegen ein Rucksack entschieden vorzuziehen und zweckmässiger als eine Umhängetasche.

2. Hämmer. Je nach dem Gestein, welches ausgebeutet werden soll, wird Grösse und Form der zu benützenden Hämmer wechseln müssen. Leicht spaltende, dünnplattige Gesteine erfordern einen hackenartigen Hammer mit breiter, scharfer Schneide und kurzem Griff, wobei die Schneide rechtwinkelig zum Griffe stehen muss. In grössere Blöcke zerfallendes Gestein, wie beispielsweise massige Kalke, machen den Gebrauch eines grösseren Hammers zum Zwecke der Zertrümmerung zu kleinen Bruchstücken nothwendig. Daneben wird man noch einen kleineren Hammer von parallelepipedischer Form benöthigen, der sich trefflich dazu eignet, kleinere Stücke von grösseren abzuschlagen. Auch ein Hammer, der auf der einen Seite in eine schmale Schneide ausläuft und auf der anderen eine quadratische Schlagfläche besitzt, wird in vielen Fällen gute Dienste leisten.

3. Meissel. Man wird im Felde im Allgemeinen mit einem Steinmeissel von mässiger Grösse auskommen, der den Zweck hat, Versteinerungen, die in grösseren, ebenen Flächen, an Felswänden oder grösseren Blöcken sichtbar sind, zu gewinnen. Man arbeitet zu dem Zwecke mit Hammer und Meissel eine quadratische Rinne in das Gestein um das zu erbeutende Stück herum ein, setzt dann den Meissel schräg von oben nach unten gerichtet in die obere Rinne ein und versucht dann durch einen kurzen aber kräftigen Schlag das betreffende Theilstück heraus zu bringen.

4. Vergrösserungsglas. Eine kleine Taschenlupe mit möglichst grossem Gesichtsfelde und zwei- bis viermaliger Vergrösserung ist genügend.

5. Ein feinmaschiges, flaches Sieb, um an Ort und Stelle an der Luft oder im Wasser eine Sonderung des Materials nach der Korngrösse vornehmen zu können.

6. Etiketten. Ich habe es ausserordentlich zweckmässig gefunden, zu diesem Zwecke die kleinen Notizblocks zu verwenden, auf denen die süddeutschen Kellnerinnen den Gästen ihre Rechnungen zu machen pflegen. 100 Blätter sind durch einen Streifen Blech zusammengefasst, ruhen auf einer dünnen Pappunterlage auf und lassen sich auf einer durchlöcherten Linie leicht abtrennen. Die Pappunterlage giebt zugleich der schreibenden Hand grössere Sicherheit; die Blechfassung ist durchlocht und ermöglicht es, den Notizblock, an einer Schnur befestigt, im Knopfloche zu tragen, so dass er jeder Zeit leicht zugänglich ist.

7. Notizbuch.

8. Zeitungspapier zum Einwickeln.

9. Seidenpapier und Glasröhren von verschiedener Grösse, um werthvolle und zerbrechliche Fossilien sicher darin aufzubewahren.

10. Bindfaden, um die Ausbeute einer Oertlichkeit oder einer bestimmten Schicht zu einem einheitlichen Packet zu vereinigen.

b) Zum Sammeln geeignete Oertlichkeiten. Die geeignetsten Oertlichkeiten, an denen der Sammler am zweckmässigsten seine Thätigkeit in einem Gebiete beginnt, sind natürlich die vorhandenen Aufschlüsse [1]) (vergl. Kap. 3). Das Studium der Gesteine im Aufschlusse und ihrer Fossilienführung wird dann leicht weitere Gesichtspunkte eröffnen, von denen eine Anzahl als Beispiele hier angeführt sein mögen.

Oftmals wird das Material, welches für die mit dem Steinbruchsbetrieb verbundenen Zwecke nicht brauchbar ist, zu grossen Halden aufgehäuft, und gerade dieses Haldenmaterial enthält bisweilen den grössten Reichthum an Versteinerungen, die durch die Verwitterung des Gesteins erst recht der Beobachtung zugänglich gemacht werden. Man achte also sorgfältig darauf, ob nicht diese Abraumhalden sich besser zum Sammeln eignen, als das anstehende Gestein des Aufschlusses selbst.

Man studire in einem Aufschlusse sorgfältig den Verwitterungsboden des Gesteins und prüfe, ob etwaige Versteinerungen in demselben sich vortrefflich erhalten haben und aus dem Gestein durch die Verwitterung herauspräparirt werden. In diesem Falle wird es natürlich zweckmässig sein, die von der betreffenden Schicht eingenommenen Ackerflächen besonders an den Stellen sorgfältig abzulesen, wo dieselben in geneigter Lage sich befinden. An solchen Abhängen wird durch das Wasser gewöhnlich eine Menge des feineren Materials fortgeführt und eine Anreicherung der organischen Reste bewirkt.

Wenn versteinerungsführende Thone von einem Wasserlaufe durchschnitten werden, so kann derselbe das thonige Gesteinsmaterial gewöhnlich leichter transportiren, als die organischen Reste, und dieselben können in diesem Falle im Bette des Baches angehäuft werden und zwar besonders an denjenigen Stellen, wo ein Gefällwechsel eintritt.

---

[1]) Sehr gut thut man in jedem Falle, Erkundigungen darüber einzuziehen, ob innerhalb des zu untersuchenden Gebietes Lokalsammler wohnen, von denen man — wenn sie auch nicht immer mit ihren Kenntnissen herausgehen — Auskunft über versteinerungsreiche Lokalitäten erhalten kann.

Konkretionäre Bildungen in einer Gesteinsfolge besitzen in der Regel einen grösseren Fossilienreichthum; beobachtet man in einem Aufschlusse solche Bildungen, so wird es in den meisten Fällen leicht sein, auch ausserhalb des Aufschlusses, in Lesesteinen in den Feldern, diese Konkretionen wieder zu finden und auszubeuten.

Sind in einem Kalkstein die Fossilien verkieselt, so kann man sie gewöhnlich, auf's Feinste herauspräparirt, innerhalb des gelbbraunen Verwitterungslehmes finden, mit dem Klüfte und Spalten eines solchen Kalksteines häufig erfüllt sind.

Man wird öfters die Beobachtung machen, dass das Gestein im Anstehenden, besonders wenn es sich um krystallinische Kalke handelt, fast nichts von Versteinerungen zeigt, dass dagegen in Folge kleiner Strukturunterschiede bei der Verwitterung dieselben hervortreten, und zwar theils selbst, körperlich, wenn sie schwerer verwittern, als das Muttergestein, theils als Hohldrücke und Steinkerne, im umgekehrten Falle. In vielen Fällen sind diese Hohldrücke und Kerne durch die Natur viel schöner präparirt, als man es selbst am frischen Gestein thun könnte, und es ist zu Hause nicht schwer, sich durch Abgüsse etc. die natürliche Gestalt des Fossils wieder zu erzeugen. Man prüfe deshalb an solchen Stellen, wo das Sammeln im Anstehenden keine Ausbeute liefert, verwitterte Felsoberflächen oder längere Zeit der Luft ausgesetzt gewesenes Material am Fusse von Felsen, oder auch die Oberflächen der in altem Gemäuer steckenden Steine. Eine ganz ähnliche Erfahrung wird man auch bei metamorphen Gesteinen machen und wird auch in diesen die Sammelthätigkeit zweckmässiger Weise auf angewitterte Stücke konzentriren. — Wenn Schichten von Sandstein, Kalkstein oder Grauwacke mit Schiefer oder Thon wechsellagern, so sitzen die Versteinerungen oft gerade auf den Grenzflächen, sind aber im frischen Gestein mit einem dünnen Thonhäutchen überzogen; auch hier präparirt die Natur durch Frost etc. dies Häutchen besser ab, als es menschliche Kunst vermag; darum sammelt man die besten derartigen Versteinerungen auf Feldern und Lesesteinhaufen.

Kleine Fossilien findet man oft auf sekundärer Lagerstätte und in grosser Menge in Kiesgruben, und es ist oft möglich, aus den den Fossilien noch anhaftenden Gesteinsfragmenten den petrographischen Charakter des Einschlussgesteins zu erkennen und womöglich die Vorkommnisse auf eine bestimmte Lokalität des Anstehenden zurückzuführen. Ebenso ist es oft zweckmässig, die gleichfalls auf sekundärer Lagerstätte befindlichen Gerölle eines

Flusses oder Baches zu untersuchen, die oftmals auf den glatt abgeschliffenen, nassen Oberflächen Querschnitte von Fossilien in Gesteinen zeigen, in denen man sie sonst vielleicht übersehen hätte. Nach den in Kapitel 20 angegebenen Gesichtspunkten kann man Schlüsse auf grössere oder geringere Nähe des Anstehenden dieser Gerölle ziehen.

c) Das Sammeln. Für das Sammeln selbst kommen eine Anzahl von Gesichtspunkten in Betracht, die ich hier bei ihrer Menge nur in beschränkter Auswahl geben kann. Wenn man geneigte Flächen, also etwa Schuttkegel oder Halden oder die Gehänge einer Schlucht absucht, so beginne man stets am Fusse derselben und lese die zur Verfügung stehende Oberfläche in der Weise ab, dass man sich gerade aufwärts bewegt, auf derselben Linie zurückkehrt und sich dann zwei oder drei Schritte davon entfernt wieder auf einer parallelen Linie von unten nach oben hochbewegt. Solches Ablesen von geneigten Flächen ist besonders dann zu empfehlen, resp. zu wiederholen, wenn inzwischen starke Regengüsse niedergegangen sind, durch deren Wirkung eine neue Oberfläche geschaffen ist.

Wenn eine reiche Fülle von Material vorhanden ist, so nehme man auch grosse Mengen mit, da dieselben die Möglichkeit gewähren, einerseits die Entwickelung eines Geschöpfes von den kleinen Jugendformen bis zum ausgewachsenen Thiere, andererseits auch die Variationen innerhalb der Spezies zu untersuchen. Die Entscheidung, ob etwas die Aufbewahrung lohnt oder nicht, treffe man am zweckmässigsten nicht an Ort und Stelle, sondern erst bei der späteren Untersuchung zu Hause.

So weit als möglich sammle man vollständige Exemplare, doch sind auch da einige Ausnahmen wohl zu beachten; so ist beispielsweise jedes Bivalvenfragment mit gut erhaltenem Schlosse von Werth und mitzunehmen. Dasselbe gilt bei den Gastropoden für solche Fragmente, an denen die Mundöffnung erhalten ist, und bei Cephalopoden sind diejenigen Bruchstücke von Werth, welche die Wohnkammer oder wenigstens Theile der charakteristischen Formen derselben erkennen lassen.

Sind die Versteinerungen in festem Gestein eingeschlossen, so beschränke man sich an Ort und Stelle darauf, Stücke zu gewinnen, bei denen der sichtbare Theil des Fossils ringsum von Gestein umgeben ist, und verspare die weitere Herauspräparirung des Petrefakts für das Haus. Vor allen Dingen hüte man sich, das Gestein um das

Fossil herum mit gröberen Hammerschlägen gleich an Ort und Stelle zu entfernen, da letzteres dabei gewöhnlich zerstört wird und verloren geht.

Sind aus einem Thone oder aus einem zu feinerem Trümmerwerk zerfallenden versteinerungsreichen Kalkstein zahlreiche kleinere organische Reste ausgewittert, so ist es nöthig, die Fläche, auf der sie zu erwarten sind, in der sorgsamsten Weise abzulesen, und man kann es nur, indem man sich lang auf den Boden hinlegt und mit dem Gesicht unmittelbar über ihm ihn auf's Sorgfältigste quadratfussweise durchmustert. Schon aus diesem Gesichtspunkte empfiehlt es sich, bei dieser Thätigkeit Kleider anzulegen, an denen nicht mehr viel zu verderben ist.

Kommen die organischen Reste in Form von Steinkernen vor, so ist es durchaus nothwendig, neben dem Steinkern, der also die von den Weichtheilen des Thieres ehemals eingenommenen Formen giebt, auch den Abdruck zu sammeln, welcher ein Negativ der äusseren Schalenskulptur giebt. Der Steinkern selbst, ohne den Abdruck, ist in ausserordentlich vielen Fällen werthlos, während er andererseits durch Angabe von Muskeleindrücken, Schlosszähnen u. a. sehr zur Sicherung der durch die Aussenskulptur ermöglichten Artbestimmung des Restes beitragen kann.

Findet man in Schiefern verkalkte organische Reste, die nur undeutliche Formen zeigen und anscheinend auf mechanischem Wege durchaus nicht von anhaftendem Schiefer befreit werden können, so nehme man dieselben doch in möglichst grossen Mengen mit, da sie nach einer später zu besprechenden Methode auf chemischem Wege vielleicht doch gut freigelegt werden können. Dasselbe ist der Fall mit Kalksteinen, in denen verkieselte Organismen sitzen, die gleichfalls durch Zertrümmerung des Gesteins sich nicht befreien lassen. Auch sie können auf chemischem Wege gut gewonnen werden.

Man notire genau den Fundort, und wenn in einem Aufschlusse mehrere fossilienführende Bänke über einander auftreten, so mache man sich eine genaue Skizze von der Schichtenfolge, bezeichne die einzelnen Bänke mit Nummern und gebe den Etiketts neben dem Fundorte auch die entsprechende Gesteinsschichtennummer. Im letzteren Falle beute man die verschiedenen Bänke jede für sich aus und sorge auf das Peinlichste dafür, dass die Ausbeute der einzelnen Bänke nicht durch einander kommt. Am zweckmässigsten wickelt man jedes einzelne Stück mit seinem Etikett zunächst für

sich in Zeitungspapier ein und macht dann aus den gesammten Stücken eines Horizontes oder einer Bank ein grösseres Bündel, welches man, um Verwechselungen vorzubeugen, äusserlich noch einmal mit deutlicher Aufschrift versieht. Man bemerke ferner, ob man die Fossilien vom Anstehenden geschlagen hat, oder ob sie an Schuttkegeln aufgenommen sind, oder ob man sie an einer anderen sekundären Lagerstätte erbeutet hat. Ist der Schuttkegel nur das Resultat der Verwitterung einer einzigen zusammengehörenden Gesteinsfolge, so ist das Sammeln von ihm natürlich ebenso gut wie vom Anstehenden, und dasselbe ist der Fall, wenn die einzelnen in dem Schuttkegel vorhandenen Gesteine so verschieden sind, dass ohne Schwierigkeit jedes einzelne auf eine bestimmte Bank des darüber Anstehenden zurückgeführt werden kann.

Wenn an verschiedenen Oertlichkeiten eine und dieselbe Spezies sich wiederholt und zwar gleichgültig, ob in Vergesellschaftung mit denselben oder mit verschiedenen organischen Resten, so nehme man sie doch jedesmal wieder mit oder notire sich mindestens ihr Vorkommen, da man sonst leicht zu einem falschen Bilde über die an den einzelnen Oertlichkeiten vorhandenen Thiergesellschaften kommen und womöglich gerade die häufigsten derselben leicht zu erwähnen vergessen könnte.

d) Präparation im Freien. Die an Ort und Stelle benützten Präparationsmethoden können selbstverständlich nur mechanischer Natur sein.

1. Gelockerte Gesteine, in denen die Fossilien grösser sind als die durch den Zerfall des Gesteins entstandenen Fragmente, bringt man in grossen Mengen in ein Sieb, hält dasselbe mit dem unteren Theile am besten in fliessendes Wasser und bewegt es dann unter gleichzeitiger drehender Bewegung hin und her, wobei die feineren und thonigen Bestandtheile fortgeführt werden, während die gröberen mit den Petrefakten zurückbleiben und leicht gesondert werden können.

2. In manchen Fällen, wenn kein Wasser zur Verfügung steht, kann man das Sieben auch ohne Weiteres vornehmen, eventuell unter Beförderung des Zerfalles des Verwitterungsbodens durch sanftes Reiben und Drücken mit einem kurzen Borstenpinsel.

3. Grössere Konkretionen, Thongeoden, Septarien und Aehnliches kann man oft zweckmässiger Weise in Spaltstücke zerlegen, die auf den Spaltflächen einen grossen Reichthum von organischen Resten zeigen, und zwar erhält man dieses Resultat nicht sowohl durch Behandlung mit einem grossen Hammer, als vielmehr durch

Erhitzen des Gesteins. Die Konkretionen werden einer mässigen Hitze ausgesetzt, also etwa einem Herdfeuer, Schmiedefeuer oder einem kleinen Feldfeuer, und in demselben erhitzt, natürlich bei Weitem nicht so weit, dass etwa eine chemische Veränderung des Gesteins eintreten könnte, und nach dem Erhitzen in kaltes Wasser geworfen. Dabei zerspringen sie gewöhnlich auf denjenigen Flächen, die die grösste Zahl von organischen Resten zeigen.

4. Eine Anzahl von Gesteinen ist so mürbe und zerbrechlich, dass man wohl an Ort und Stelle ein Stück gewinnen kann, welches vollständig erhaltene organische Reste zeigt, dass es aber völlig unmöglich ist, dasselbe ohne Weiteres mit nach Hause zu nehmen, ohne dass es vollständig in kleine und unbrauchbare Stückchen zerfiele. In diesem Falle ist es durchaus nothwendig, das Gestein an Ort und Stelle mit verfestigenden Lösungen zu tränken. Am einfachsten lässt sich dies erreichen mit einer dünnen Gummiarabicumlösung, die nur so viel von dem Klebstoffe enthalten darf, dass sie noch leicht von allen porösen und losen Gesteinen aufgesaugt werden kann. Man muss den Prozess der Tränkung an verschiedenen auf einander folgenden Tagen je nach der Grösse des Stückes so lange wiederholen, bis dasselbe vollständig mit Lösung gesättigt und nach dem Trocknen fest geworden ist. Auch thut man gut, an Ort und Stelle dann keine Versuche zu machen, die in dem Stücke eingeschlossenen Muscheln u. s. w. weiter frei zu legen, sondern man verspart auch diese Arbeit am besten für das Haus.

5. Manche Kalksteine wimmeln von grossen Versteinerungen, deren Schalenoberflächen aber so innig mit dem Gestein verwachsen sind, dass vollständige Exemplare eine Seltenheit sind. Dahin gehören beispielsweise die Megaloduskalke der alpinen Trias, für die man neuerdings im Feuersetzen ein Mittel zur Freilegung grösserer Bruchstücke oder ganzer Schalen kennen gelernt hat. Um einen grösseren Block herum, der reich an diesen gewaltigen Schalen ist, wird ein Feuer entzündet, und derselbe längere Zeit einer mässigen Hitze ausgesetzt. Wird hierauf der Block mit einem grossen Hammer bearbeitet, so zerspringt er oftmals in der günstigsten Weise auf der Schalenoberfläche der eingeschlossenen Megalodonten.

II. Arbeiten im Hause. a) Die Hülfsmittel:

1. Kurze Kneifzangen mit breit ausladenden Backen und scharfen Schneiden, von verschiedener Form und Grösse.

2. Harte, spitze Nadeln und Pfriemen.

3. Kleine Meisselchen, etwa von der Form winziger Schraubenzieher, entweder mit einfacher Schneide an der Spitze oder vierseitig zugeschärft.

4. Eine Präparirnadel von der Form eines zugespitzten Bleistiftes.

5. Eine hakenförmig gebogene Präparirnadel. Die unter 2, 3 und 5 genannten Gegenstände werden zweckmässig in nicht zu dünnen Holzgriffen festgefasst, so dass sie bequem in der Hand liegen.

6. Ein kurzes Stückchen Eisenbahnschiene (als Ambos).

7. Ein mit Sand gefüllter Sack aus grobem, aber festem Stoff, von etwa 1—1,5 dm^3 Inhalt. Er dient bei den Präparationen mit Stichel und Meissel als schmiegsame Unterlage, auf welcher das Gesteinstück fest und ohne Rutschen aufliegt, und von welcher es auch keine Kritzen und andere Beschädigungen annimmt.

8. Bürsten von verschiedener Form und Grösse, zum Theil mit steifen Haarborsten, zum Theil von Messingdraht.

9. Hämmer von verschiedener Grösse.

10. Eine Anzahl von chemischen Reagentien, unter denen Essigsäure, Salzsäure, Flusssäure, Kali- und Natronlauge die wichtigsten sind.

b) Präparation:

1. Mechanische Methoden: Dieselben beziehen sich fast ausschliesslich auf die weitere Herauspräparirung der im Felde gewonnenen organischen Reste, auf die Freilegung ganzer Fossilien oder auf die Präparation einzelner Theile, wie des Schlosses, der Muskeleindrücke oder bei den Brachiopoden des Armgerüstes im Inneren der Schale. Diese Präparationsarbeit, bei welcher die oben genannten Zangen, Nadeln, Meisselchen, Pfriemen u. s. w. in Anwendung kommen, kann natürlich nicht beschrieben werden, sondern muss durch praktische Uebung erlernt werden, und ich muss deshalb davon Abstand nehmen, hier näher auf die von vielen Präparatoren zu vollendeter Feinheit ausgebildeten Methoden einzugehen. Nur einige kurze Bemerkungen mögen hier noch ihren Platz finden. So machte z. B. Walther die Erfahrung, dass bei der Präparation von Crinoiden in Kalksteinen das Resultat ein weit besseres wurde, wenn er die Arbeit mit Nadel und Meisselchen nicht an der Luft ausführte, sondern dabei das zu präparirende Stück unter Wasser hielt. Die geringere Differenz in der Dichtigkeit der beiden Medien (Wasser und Kalkstein) liess die Wirkung der einzelnen Schläge viel sicherer vorauserkennen und ermöglichte ein schnelleres und feineres Arbeiten.

Besteht zwischen dem Gestein und der Versteinerungsmasse des organischen Restes ein grösserer Härteunterschied, so kann man oft mit gutem Erfolge das Stück mit der oben angeführten Messingbürste herausbürsten unter gleichzeitiger Benützung von reichlichem Wasser zur Entfernung des durch die Bürstenstriche erzeugten feinen Gesteinsmehls.

Bei weichem Gestein und etwas härteren Versteinerungen, also beispielsweise bei verkalkten Petrefakten in thonigen Schichten, darf man natürlich nicht die grobe Messingbürste benützen, sondern wird dazu zweckmässig eine weiche Zahn- oder Nagelbürste in Anwendung bringen.

Will man die in oben angeführter Weise mit Gummiarabicumlösung getränkten Gesteinsstücke weiter präpariren, zur vollständigen oder theilweisen Freilegung der darin enthaltenen Schalreste, so kann man diese Arbeit durch stückweise Entfernung des einschliessenden Gesteins mittelst Nadel und Meissel ohne Weiteres ausführen, wenn die Erhärtung das ganze Stück in gleicher Weise betroffen hat. Ist aber das Innere des Stückes noch nicht durchtränkt und erhärtet, und bemerkt man dies beim Fortschreiten der Präparationsarbeit, so muss man sofort einhalten, von Neuem tränken, trocknen lassen und damit fortfahren, bis alle Theile der Versteinerung hart geworden sind.

Sind organische Reste in mehrere Stücke zerbrochen und will man dieselben wieder kitten, so bedient man sich dazu des in Kap. 70 angegebenen Kittes.

2. Chemische Methoden: Dieselben beruhen sämmtlich auf der verschiedenen Widerstandsfähigkeit des Einschlusses und des einschliessenden Gesteins gegen chemische Reagentien, sind also nur in dem Falle anwendbar, dass beide überhaupt verschieden sind.

Verkieselte Versteinerungen in Kalksteinen können gewonnen werden, indem man sie mit verdünnter Salzsäure (1 Theil der rohen Säure des Handels auf 2—3 Theile Wasser) behandelt. Der Kalk löst sich so lange auf, bis die Säure erschöpft ist. Man wäscht alsdann die entstandene Chlorcalciumlösung gut aus, giebt neue Salzsäure hinzu und fährt damit fort, bis alles Aufbrausen beendigt ist. Im Rückstande hat man alsdann die zumeist ganz und gar herauspräparirten und frei gewordenen verkieselten Schalen. In derselben Weise kann man auch Kieselschwämme präpariren, die in kalkigen oder mergeligen Gesteinen eingeschlossen sind, nur thut man gut, bei ihnen die Verdünnung der Säure noch weiter zu treiben

und die letzten Theile der kalkigen Substanz aus dem Inneren der Spongien durch Behandlung mit gewöhnlichem Essig zu entfernen.

Die Behandlung mit Flusssäure kommt in Frage, wenn verkalkte oder verkieste Versteinerungen in kalkfreien Schiefern enthalten sind. Man umzieht das in seinen Konturen auf der Schieferfläche sichtbare Petrefakt, etwa eine Crinoide oder einen Seestern, mit einem niedrigen Walle von Paraffin, und giesst alsdann unter Beobachtung der nöthigen Vorsicht und in einem Digestorium Flusssäure in die künstliche Vertiefung hinein, lässt dieselbe in der Kälte mehrere Tage einwirken, wäscht dann unter Zuhülfenahme einer weichen Bürste die Fläche ab und wiederholt das Uebergiessen mit Flusssäure so lange, bis das Petrefakt so, wie es die Untersuchung verlangt, frei gelegt ist. Die Unangreifbarkeit des verkalkten Restes durch Flusssäure beruht darauf, dass derselbe beim ersten Angriff der Säure sich mit einer dünnen, gegen Flusssäure unempfindlichen und daher schützenden Fluorcalciumdecke überzieht.

Um die Kelche von Korallen oder das Innere von Schalen und anderen Objekten von dieselben erfüllenden harten Thonen zu befreien, wendet Schuchert[1]) Kaliumhydroxyd in fester Form an. Das in Stangen im Handel erhältliche Reagens wird mit einer Zange in kleinere Stücke gebrochen, und diese so, wie sie sind, auf das zu präparirende Stück gelegt. Durch die Feuchtigkeit der Luft zerfliesst das feste Hydroxyd und dringt in den Thon ein, der dadurch aufgelockert und zersetzt wird und nach eintägiger Einwirkung durch Auswaschen entfernt werden kann. Man wiederholt das Verfahren so lange, bis auch die letzten Thontheile aus den davon zu befreienden Resten entfernt sind.

Für Herstellung künstlicher Abdrücke gilt das im 70. Kapitel für fossile Pflanzen Bemerkte.

Kapitel 77.

Sammeln und Präpariren von Wirbelthierresten.

Die folgenden Mittheilungen beziehen sich auf die Gewinnung und Präparation solcher Wirbelthierreste, die in losen, also meist quartären oder tertiären Schichten vorkommen, und beschränken sich auf deutsche Vorkommnisse. Diejenigen Knochen, die in älteren, festen Gesteinen, Sandsteinen oder Kalksteinen, eingeschlossen sind,

[1]) Directions f. collecting and preparing fossils. Smiths. inst. Bull. part K, Nr. 39.

unterscheiden sich in der Art und Weise der nothwendigen Präparation kaum von den in gleichen Schichten eingeschlossenen Mollusken und anderen hartschaligen wirbellosen Thieren, über die im vorigen Kapitel Näheres mitgetheilt ist.

Vereinzelte Reste von Wirbelthieren können sich in allen möglichen Ablagerungen finden, in grösserer Menge aber treten sie nur in Ablagerungen von bestimmter Entstehung und bestimmter petrographischer Zusammensetzung auf; natürlich ist nach diesen Faktoren auch der Charakter der Faunen einzelner Oertlichkeiten verschieden.

1. In marinen Ablagerungen finden sich fast ausnahmslos nur Reste mariner Wirbelthiere, Fische und Seesäugethiere, und selbst in solchen marinen Schichten, in denen zahlreiche Reste von Landpflanzen auf die Nähe der ehemaligen Küstenlinie hinweisen, gehören die Knochen von Landthieren zu den Seltenheiten. Thonige und kalkige marine Bildungen sind reicher an Knochenresten als sandige und konglomeratische. In Tiefseeablagerungen finden sich nur Zähne von Haifischen sowie Labyrinthe von Walfischen häufiger.

2. Im Gegensatze dazu sind unter den fluviatilen Sedimenten die Kiese, überhaupt die gröberen Ablagerungen fast die alleinigen Träger von Wirbelthierknochen, während feinere Sande oder gar thonig-schlickige Bildungen fast immer frei davon sind. Der Grund liegt natürlich darin, dass ein Fluss, der nur noch feines Material ablagern kann, die Kraft zum Transporte der Knochen nicht besitzt, letztere vielmehr nur da ablagern kann, wo seine Strömungsgeschwindigkeit für die Fortbewegung grösserer Gerölle noch ausreicht. Aus diesem Grunde fehlen in Flusskiesen auch kleinere, zarte Knochen, da dieselben während des Transportes entweder ganz zerrieben oder bis zur Unkenntlichkeit entstellt werden.

3. Häufige Träger von Resten von Wirbelthieren sind die limnischen Gesteine, die in grösseren oder kleineren Becken stehenden, süssen Wassers zum Absatze gelangt sind. Die Ausfüllungsmasse solcher Seebecken ist zumeist organischen Ursprunges: feinerdiger Süsswasserkalk, kieselige Diatomeenerde, dunkler oder grünlicher organischer Schlamm (Gytja), zuweilen auch ein an Eisenocker reicher Schlamm; den Schluss der Ausfüllung von Süsswasserbecken macht gewöhnlich Torf oder eine ähnliche Humusbildung. In lakustrinen Gesteinen eingeschlossen findet man die Reste sowohl der Thiere, die in dem betreffenden Wasserbecken gelebt haben (Fische, Schildkröten, Bieber), als auch solcher Landthiere, die darin ihren Tod gefunden haben (besonders häufig Cerviden).

4. In Zusammenhang damit sind ferner diejenigen Kalkablagerungen zu nennen, die der kalkabscheidenden Thätigkeit von Quellen ihren Ursprung verdanken und als Kalktuff bekannt sind; sie sind in vielen Fällen eine reiche Fundstätte von Wirbelthieren, mit Ausnahme von Fischen; auch schliessen sie häufig Objekte ein, die sonst kaum der Erhaltung fähig sind, wie Federn und Eier von Vögeln.

5. Unter den vom Winde abgelagerten Gesteinen ist der Löss der wichtigste Träger von Wirbelthierresten, und zwar schliesst er nur Landthiere ein. Die Knochenführung des Löss ist sehr ungleichwerthig: in ausgedehnten Gebieten ist er völlig frei von solchen, und in anderen liefert jede Grube dauernd Funde; bestimmte Gesetze dafür aber lassen sich kaum aufstellen.

6. Die grössten Mengen von Knochen auf kleinstem Raume und die grösste Zahl von Spezies an einer Oertlichkeit pflegen die Knochenablagerungen in Höhlen, Spalten und Klüften von Kalk- und Gypsgebirgen zu liefern. Diese Oertlichkeiten dienten den Thieren zur Wohnung, hierher schleppten sie ihre Beute, hierher zogen sie sich zurück, wenn sie dem Verenden nahe waren. An solchen Oertlichkeiten findet man von den Bewohnern dieser Schlupfwinkel oftmals ganze Skelette und gewöhnlich die Reste zahlreicher Individuen, von den Beutethieren gewöhnlich nur grössere, zerbissene Knochen. Auch Reste von Vögeln sind in solchen Ablagerungen häufiger; sie rühren theils von Eulen her, die hier ihre Schlupfwinkel hatten, theils von deren Beute. Besonders gut erhaltene zarte Knöchelchen, Schädel, Unterkiefer u. a. von ganz kleinen Thieren findet man an solchen Stellen klümpchenweise als Rückstand der Gewölle von Eulen, welche bisweilen in ziemlichen Mengen angehäuft sind. Zu diesem Typus von Wirbelthiervorkommnissen gehören auch die bohnerzführenden Klüfte und Taschen des süddeutschen Jura mit ihrer reichen Fauna tertiärer Säugethiere.

Eine besondere Prüfung verdient die Frage, ob die Knochenreste einer Ablagerung sich auf primärer oder sekundärer Lagerstätte befinden. Wo man ganze Skelette oder wenigstens Gruppen zusammengehöriger Knochen bei einander findet, da kann man mit Sicherheit auf ein primäres Vorkommen schliessen. Sind die Knochen oder Zähne vereinzelt, zeigen sie Spuren von Abrollung, ist ihr Inneres mit einem anderen Gestein ausgefüllt als dasjenige, in dem sie eingeschlossen sind, so ist der Schluss auf sekundäre Lagerstätte gestattet. In groben Gesteinen (Kies, Konglomerat) wird

man vorwiegend verrollte Knochen, in feinkalkigen oder thonigen vorwiegend ursprüngliche Ablagerung erkennen. Auch die in Kalktuff, sowie in Höhlen, Spalten und Klüften sich findenden Knochen liegen meist auf primärer Lagerstätte; indessen zeigen Sand- und Kiesablagerungen doch bisweilen an, dass die Spalte zeitweilig von fliessendem Wasser benützt wurde, und dann ist Vorsicht nöthig.

Sehr verschieden ist der Erhaltungszustand der Knochen, und zwar ist derselbe abhängig von der petrographischen Beschaffenheit des Muttergesteins. In kalkfreien oder kalkarmen Gesteinen wird ein Theil der Kalksubstanz des Knochens gelöst, derselbe wird dadurch leichter und verliert ganz bedeutend an Festigkeit, vermag in Folge dessen beim Trocknen seine Form viel weniger zu bewahren, sondern wird rissig und bröckelig. In kalkreichen Gesteinen dagegen verlieren die Knochen nicht nur nichts von ihrer Substanz, sondern es findet sogar noch eine Zufuhr von kohlensaurem Kalke statt, durch welche die kleinen Hohlräume des Knochens ausgefüllt werden. Derselbe wird dadurch spezifisch schwerer und gewinnt ausserordentlich an Haltbarkeit und Widerstandsfähigkeit. Es ist daher in den meisten Fällen schon nach dem Gewichte zu unterscheiden, ob ein Knochen aus einem Kalklager stammt oder ob er z. B. in Torf eingebettet war. Auch die Farbe ist in solchem Falle verschieden: die Humussäuren des Torfes verleihen den Knochen, Geweihen und Zähnen ein mehr oder weniger braunes Aussehen, während die aus kalkigen Schichten oder aus Kieslagern stammenden Knochen eine hellere, gelbliche Farbe besitzen. Sehr eigenthümlich ist das Verhalten der aus Elfenbein bestehenden Mammuthstosszähne in manchen Kieslagern: das Elfenbein wird darin so weich, dass es sich wie Butter kneten lässt, erlangt aber trotzdem an der Luft seine ursprüngliche Härte vollkommen wieder.

Die quartären fossilen Wirbelthiere liegen oftmals nicht tief unter der heutigen Oberfläche; es ist in Folge dessen nicht ausgeschlossen, dass in die gleiche Schicht auch Knochen von viel jüngeren Thieren gelangen, nämlich von solchen, die in der Erde leben, tiefgehende Gänge sich wühlen und in diese ihre Beute schleppen, auch selbst darin verenden. Es gehören dahin Dachs, Fuchs, Hamster, Kaninchen und eine ganze Reihe von kleinen Nagethieren. In den meisten Fällen ist es nicht schwer, diese rezenten Knochen von den fossilen zu unterscheiden; die Unterschiede im spezifischen Gewichte, in der Farbe und im äusseren Ansehen sind gewöhnlich so gross, dass man ohne Weiteres die

Spreu vom Weizen wird sondern können. Dieselbe Sorgfalt ist natürlich auch anzuwenden, wenn es sich um die Feststellung handelt, ob Knochenvorkommnisse in wenig von der Erdoberfläche entfernten Schichten überhaupt fossil oder rezent sind [1]).

Wer knochenführende Schichten aufzufinden und auszubeuten in die Lage kommt, wird wohl in den weitaus meisten Fällen die gesammte Ausbeute mitnehmen; da aber doch der Fall eintreten kann, beispielsweise auf Reisen, dass man nicht in der Lage ist, grosse Mengen und besonders schwere Knochen mitzunehmen, so sei hier kurz einiges über die zu treffende Auswahl angedeutet. Dieselbe richtet sich nach der grösseren oder geringeren Eignung der Skeletttheile zur Bestimmung von Gattung und Spezies des zugehörigen Thieres. Bei Säugethieren ist die Bestimmung am leichtesten und sichersten nach den Zähnen. Auf diese ist also in allererster Linie zu fahnden. Dann folgen die Schädelknochen, die grossen Extremitätenknochen, die Hand- und Fussknochen und dann erst Wirbel, Becken, Schulterblatt, Rippen. Von den Wirbeln sind besonders die Halswirbel zu sammeln. Bei den Vögeln folgen die Skeletttheile ihrer Wichtigkeit nach in folgender Reihenfolge: Schädel, Extremitäten, Sternum, Becken, Wirbel. Bei Amphibien und Reptilien wird man kaum jemals in die Lage kommen, eine Auswahl treffen zu müssen. Bei den Fischen sind die Schuppen ganz vortrefflich zum Bestimmen geeignet; da dieselben zudem in den meisten Fällen vortrefflich erhalten sind, so achte man mit grosser Sorgfalt auf sie.

Wir wenden uns nunmehr zur Besprechung der Art und Weise, wie man an Ort und Stelle die aufgefundenen Knochenreste behandelt:

1. Grosse Knochen, die in kalkigen Schichten eingebettet sind, befreit man oberflächlich vom anhaftenden Gesteine und verpackt sie, in Moos eingewickelt oder wie sie sind, in Papier. Bemerkt man, dass sie zu zerfallen Neigung besitzen, oder dass sie sehr mürbe sind, so lässt man sie vorläufig im anstehenden Gestein, legt sie oberflächlich frei und lässt sie an Ort und Stelle etwas austrocknen. Nur muss man Sorge tragen, dass sie nicht direkt von der Sonne getroffen werden, da sie sonst einseitig zu schnell

[1]) Nach einer Angabe von A. Carnot (cf. Neues Jahrb. 1893. I. S. 539) haben fossile Knochen einen beträchtlich (10—15 mal) grösseren Fluorgehalt, wie rezente. — In manchen Fällen wird man auch die durch Erhitzen festzustellende Anwesenheit von Leim oder andern organischen Substanzen zur Erkennung des jugendlichen Alters zweifelhafter Knochen benutzen können.

trocknen und aufplatzen. Die, wie oben angegeben, butterweich gewordenen Elfenbeinzähne müssen längere Zeit trocknen; nur sehr selten wird es möglich sein, sie so freizulegen, dass sie an Ort und Stelle langsam, ohne Einwirkung der Sonne, austrocknen können. In allen anderen Fällen muss man sie in Stücke zerschneiden, was sehr leicht ist, die Stücke in feuchtem Sande in Körbe packen und so in einem Kellerraume monatelang ganz langsam austrocknen lassen.

2. Wesentlich anders muss man beim Sammeln kleiner Knochen, insbesondere kleiner Säugethierschädel verfahren. Sie finden sich gewöhnlich an den oben unter 5 und 6 beschriebenen Oertlichkeiten, meist also in einem staubartig feinen, gewöhnlich kalkhaltigen Lösse oder Lösslehme, und zerfallen gewöhnlich, wenn man sie ohne Weiteres aus dem Muttergestein herausnehmen will, in kleine Bruchstücke. Wenn man in einer Lösswand oder auf der Bruchfläche eines grösseren Stückes kleine Ecken von Schädel- oder anderen Knochen kleiner Nager hervorragen sieht, so übergiesst man die Umgebung derselben mit einer Gummiarabicumlösung, die so dünn und wässerig sein muss, dass sie vom Gestein mit Leichtigkeit aufgesaugt wird. Dann überlässt man das Stück mindestens einige Stunden lang sich selbst, bis das Wasser verdunstet und der Löss durch den Gummi verfestigt ist, löst die den Skeletttheil einschliessende Partie des Gesteins vorsichtig heraus und wickelt sie sorgfältig in Watte, Moos oder etwas Aehnliches und dann in Papier ein. Ist das lehmige Gestein einer solchen Kluft- oder Spaltenausfüllung sehr reich an kleinen Säugerknochen, so ist es unter Umständen vortheilhaft, eine grössere Menge des Gesteins in grossen Stücken mitzunehmen und zu Hause einer genauen Untersuchung zu unterwerfen.

Hat man ein Profil auszubeuten, in welchem mehrere knochenführende Horizonte über einander vorkommen, so ist auf das Strengste darauf zu achten, dass die aus jeder einzelnen Schicht stammenden Fundstücke alsbald so bezeichnet werden, dass die Zusammengehörigkeit zu einer Schicht keinerlei Zweifel unterworfen sein kann. Auch wenn die Schicht petrographisch zwar einheitlich, ihre Mächtigkeit aber eine bedeutende ist, oder schon eine vorläufige Untersuchung lehrt, dass der Charakter der eingeschlossenen Fauna in den verschiedenen Theilen der Schicht wechselt, so ist die Ausbeutung lagenweise vorzunehmen und bei jedem einzelnen Stücke genau zu notiren, welcher Lage dasselbe entnommen ist. Von ganz beson-

derem Werthe wird eine derartig scharfe Unterscheidung dann, wenn in der Schichtenfolge sich Reste des Menschen finden, seien es nun Skeletttheile oder Spuren seiner Existenz, wie Waffen, Geräthe, zerschlagene Röhrenknochen und andere Küchenabfälle, Feuersteinsplitter, Urnenscherben, Holzkohlen, angebrannte Steine u. a. Es ist selbstverständlich, dass dann auch alle die genannten Reste menschlicher Thätigkeit auf das Sorgsamste aufzubewahren und so zu bezeichnen sind, dass man erkennen kann, welche Thierreste mit ihnen zusammen vorkamen. — Uebrigens hüte man sich, Frassrinnen von Schnecken, die sehr häufig an Knochen vorkommen, sowie auch die Kauspuren der Raubthierzähne für Zeichen menschlicher Bearbeitung zu halten.

In Süsswasserkalk und Diatomeenerde findet man häufig Reste von Fischen. Die Körper sind gewöhnlich ebenso wie die Fischreste in älteren Gesteinen blattartig zusammengedrückt. Solche Stücke sind sorgfältig in Seidenpapier, dann in Watte und hierauf in gröberes Papier zu verpacken. Die auf der pappeartigen Diatomeenerde liegenden Fischreste pflegen sich gut zu halten; dagegen sind die im staubigen Süsswasserkalke liegenden möglichst bald in einem Pappe- oder Glaskasten mit Gyps einzugiessen und so zu befestigen. Die viel häufiger wie ganze Fische sich findenden Schuppen lege man alsbald in dünne Glasröhrchen und fixire sie in denselben durch einen Wattebausch. Die meisten Schuppen bedürfen keiner weiteren Behandlung, nur die radialstrahligen Cyprinoidenschuppen zerfallen leicht in Stücke und werden deshalb am besten zwischen zwei Glasplatten in Kanadabalsam aufbewahrt.

Zur Verpackung von Knochenresten benützt man je nach der Grösse und Derbheit derselben Moos, Holzwolle, Watte und Papier. Kleinere Stücke legt man am besten sogleich in einseitig geschlossene Glasröhren und fixirt sie in ihrer Lage durch aufgeschobene Wattepfropfen. Beim Verpacken in Kisten hat man, wie bei allen Sammlungsgegenständen, streng darauf zu achten, dass die einzelnen Päckchen so fest liegen, dass sie ihre gegenseitige Lage nicht verändern können.

Die Herrichtung der gesammelten Knochen und Zähne für die Untersuchung und sammlungsmässige Aufbewahrung erfordert noch einige Massregeln. Die heimgebrachten Knochen lässt man zunächst l a n g s a m austrocknen. Sie dürfen im Trockenraume weder der direkten Sonnenwirkung ausgesetzt werden, noch darf der Trockenprozess unter Zuhülfenahme künstlicher Wärme erfolgen; ein Zer-

platzen der Knochen würde in beiden Fällen die Folge sein. Das Trocknen muss vielmehr in einem Raume mit gleichmässiger Temperatur und mässig feuchter Luft, also etwa in einem nicht zu nassen Keller, erfolgen. Nach dem Trocknen reinigt man mit schärferen oder weicheren Bürsten die Knochen vom anhaftenden Gestein, natürlich ohne Anwendung von Wasser. Es ist sehr zu empfehlen, das anhaftende Gestein an für die Artbestimmung indifferenten Stellen des Knochens sitzen zu lassen, damit die Natur des Vorkommens immer wieder einwandslos festgestellt werden kann.

Die gereinigten Knochen legt man darauf einige Minuten in eine heisse Gelatinelösung, die so dünnflüssig sein muss, dass sie mit Leichtigkeit von der Knochensubstanz aufgesaugt wird. Nach dem Trocknen sind die Knochen fertig zur Aufbewahrung. Sollten sie etwa später noch Neigung zum Zerplatzen zeigen, so muss man die Tränkung mit Gelatinelösung wiederholen. Zum Kitten zerbrochener Knochen nimmt man am besten gewöhnlichen Leim. Hat man von einem zerbrochenen Geweih oder Knochen nur einen Theil der Bruchstücke, so wird man zur Erzielung grösserer Haltbarkeit die Lücken ausfüllen müssen. Man kann dazu einen mit Leimwasser angerührten Gypsbrei nehmen oder einen Brei, den man sich aus dem einschliessenden Gesteine mittelst Leimwasser herstellt. Die ergänzten Stellen sind als solche durch abweichende Färbung kenntlich zu machen; ganz zu verwerfen ist der Versuch, die Flickarbeit durch allerlei Mittelchen zu vertuschen. In Geweihe und grosse Röhrenknochen wird man vor dem Kitten zweckmässig eine Stütze einlegen, die das Abbrechen des angekitteten Stückes hindert. Ein Holzpflock empfiehlt sich dazu mehr, als ein eiserner Stift, der leicht rosten und durch Volumenvermehrung den Knochen sprengen kann.

Kapitel 78.

Regeln für die Behandlung von Alterthümern.

Den Geologen bringt sein Beruf häufig in die Lage, Spuren prähistorischer Besiedelung des von ihm untersuchten Gebietes aufzufinden oder die Funde Anderer der anthropologischen Wissenschaft zu übermitteln. Wie es bereits bei der geologischen Landesaufnahme Schwedens der Fall ist, sollten alle solche Spuren, Gräber

der verschiedenen Art, Vertheidigungsbauten (Ringwälle), Wohnstätten, Fabrikationsstätten von Töpferwaaren, Metallen oder Steinwerkzeugen, soweit sie der Geologe beobachtet, zu Nutz und Frommen der verwandten Wissenschaft in der Karte angedeutet und in den Kartenberichten wenigstens kurz erwähnt werden. Ich verzichte an dieser Stelle darauf, die Methoden der fachgemässen Untersuchung solcher Denkmäler der Vorzeit hier genau zu beschreiben und verweise anstatt dessen auf eine kleine Schrift, die auf Veranlassung des Kultusministeriums von der Direktion des Museums für Völkerkunde in Berlin herausgegeben und bei E. S. Mittler und Sohn erschienen ist. Dieselbe trägt den Titel: Merkbuch, Alterthümer aufzugraben und aufzubewahren. Ich gebe im Folgenden mit freundlicher Genehmigung der Direktion des genannten Museums aus dieser Schrift eine Anzahl kurzgefasster Regeln zur Konservirung von Alterthümern, sowie die Rezepte zu den darin empfohlenen verschiedenen Konservirungsmitteln.

A. Kurzgefasste Regeln zur Konservirung von Alterthümern.

1. Holz

muss vor zu schnellem Trocknen und Zerreissen an der Luft durch Lagerung in Wasser oder Bedecken mit feuchtem Moor, Rasen, Moos geschützt und zum Transport mit einer dicken Schicht von Moos oder Heu umgeben und mit Stroh dicht umwickelt werden.

Konservirung: Tränkung mit einem Gemisch von Petroleum und Anstreicherfirniss (Rezept I) unter möglichster Beibehaltung der das Austrocknen aufhaltenden Hüllen. Kleinere Gegenstände werden, wenn sie in frischfeuchtem Zustande sind, anfangs in 20gradigem, später 16gradigem Spiritus aufbewahrt oder mit der Harzlösung (Rezept II) getränkt oder können auch (aber nicht solche von Eichenholz) in einer starken Alaunlösung gekocht werden.

2. Knochen, Zähne, Hirschhorn, Elfenbein, Korallen

dürfen ebenfalls nur ganz allmählich trocknen. Sehr mürbe Stücke sind in der umgebenden Erde zu belassen und erst nach der Erhärtung der Tränkung herauszuschälen.

Konservirung: Tränkung mit der Harzlösung (Rezept II).

3. Leder und Gewebe

sind ebenfalls nur allmählich zu trocknen.

Konservirung: Bei frischfeuchten Moor- und Pfahlbautenfunden Einlegung in 20gradigen, später in 16gradigen Spiritus, sonst Tränkung mit der Harzlösung (Rezept II); wenn es bereits hart und brüchig ist, mit der Mohnöl-Benzinmischung (Rezept III).

4. Bronze

ist höchst vorsichtig zu behandeln, da sie oft sehr mürbe und brüchig ist. Auf Spuren von anhaftendem Holz, Haaren und Gewebe ist sorgfältig zu achten, ebenso auf das Vorkommen von Einlagen in Gold, Silber, Knochen, Koralle, Glasfluss (Email), Bernstein.

Reinigung: durch behutsames Abspülen in lauwarmem Wasser; wenn die Patina fester ist und Abspülen nicht genügt, durch Einlegen in Seifenwasser oder sehr dünne Lösung von reiner Pottasche und nachheriges Abspülen in lauwarmem Wasser oder Bürsten mit ganz weichen Bürsten oder Haarpinseln.

Konservirung: Schön grüne, feste Patina erfordert keine weitere Behandlung. Sehr mürbe und lose aufsitzende Patina wird mit der Harzlösung (Rezept II) getränkt, trübe aber feste Patina mit der Mohnöl-Benzinmischung (Rezept III), und dann anfangs mit weicheren, später mit härteren Bürsten gebürstet. Stücke mit krystallinischer Patina (Salzpatina) müssen in temperirtem Wasser, dem chemisch reine Soda (Natrium carbonicum) zugesetzt ist, ausgelaugt, in reinem lauwarmem Wasser abgebürstet und abgespült und nach dem Trocknen mit der Harzlösung getränkt werden. Einzelne später ausblühende Stellen werden mit dünnem Fischleim oder der Schellacklösung (Rezept V) betupft.

5. Gold

ist nur von anhaftenden Verunreinigungen durch Abspülen mit lauwarmem Wasser zu reinigen.

6. Silber

ist sehr vorsichtig zu behandeln, da es häufig sehr mürbe und brüchig ist.

Reinigung wie bei Bronze.

Konservirung: Feste, noch ganz metallische Stücke sind in dünner Ammoniaklösung zu waschen, dann in lauwarmem Wasser abzuspülen und vorsichtig zu erwärmen, um das Ammoniak wieder zu entfernen.

Brüchige Stücke sind nach vorsichtiger Reinigung (Abspülen in lauwarmem Wasser) mit der Harzlösung (Rezept II) zu tränken und zu weiterer Behandlung einem erfahrenen Gold- oder Silberarbeiter (Hofgoldschmied P. Telge, Berlin C., Holzgartenstr. 8 ist zu empfehlen) zu übergeben.

7. Blei und Zinn

sehen knochenähnlich, weisslich grau aus und sind meist ausserordentlich mürbe und zerbrechlich. Sie sind in warmem Wasser abzuspülen und ganz vorsichtig zu trocknen.

Konservirung: Tränkung mit der Harzlösung (Rezept II).

8. Eisen.

Abbröckelnde Eisentheile, wenn es auch nur Rost ist, müssen sorgfältig aufbewahrt und mit Fischleim oder Hausenblase wieder angekittet werden. Vollständig gut erhaltenes Eisen mit schwarzblauem „Edelrost“ ist abzuspülen und mit einem die Luft abhaltenden dünnen Ueberzuge (erwärmtes weisses Wachs oder Paraffin [Rezept IV] in Benzin u. s. w. gelöst) zu versehen.

Gerostetes Eisen muss mit Gaze umhüllt und in abgekochtem, lauwarmem Wasser, dem ein wenig chemisch reine Soda (Natrium carbonicum) zugesetzt ist, ausgelaugt werden, bis das täglich zu erneuernde Wasser keinen braunen Niederschlag mehr giebt. Die Gegenstände werden hierauf getrocknet, 6 bis 8 Tage in absoluten Alkohol gelegt und bei gelinder Wärme wieder allmählich getrocknet. Grössere Stücke werden alsdann in einer Mischung von Leinöl oder Firniss und Petroleum zu gleichen Theilen, am besten auf dem Wasserbade, gekocht oder in erwärmtem Zustande wiederholt mit dieser Mischung getränkt. Kleine Gegenstände dagegen werden mit der Harzlösung (Rezept II) getränkt.

Zeigen sich Spuren von Einlagen (Tauschirung u. s. w.), so sind die Gegenstände zunächst nur in reinem Wasser auszulaugen und dann einer bewährten Anstalt zur weiteren Behandlung zuzu-

senden. (Das Römisch-Germanische Museum zu Mainz ist darauf eingerichtet, für andere Institute solche Arbeiten zu übernehmen.)

Ganz durchgerostete Stücke sind, wenn sie nicht zu bröcklig sind, ebenfalls in Gaze zu hüllen, vorsichtig einige Tage erst in Wasser, später in Alkohol auszulaugen und dann allmählich zu trocknen. Die etwa abgebrochenen Theile werden darauf mit Hausenblase oder Fischleim angekittet und die Gegenstände schliesslich ebenfalls mit Leinölfirniss und Petroleum oder besser noch mit einer Lösung von gebleichtem Schellack in Alkohol, dem ein ganz geringes Quantum von Ricinusöl zugesetzt ist (Rezept V), getränkt.

Drohen dergleichen Stücke schon gleich nach der Auffindung zu zerfallen, so tränke man sie sogleich mit obiger Schellacklösung (Rezept V), hülle sie in Gaze und bewahre sie an einem warmen trockenen Orte auf. Die Tränkung ist dann mehrfach zu wiederholen, auch noch nach längerer Zeit.

9. Thongegenstände

werden vorsichtig getrocknet, bis der Thon wieder fest ist, dann mit weichen Stielbürsten abgebürstet, mit reinem Wasser mittelst eines Schwammes abgespült, wieder getrocknet und abgebürstet. Dabei wird aber sorgfältig auf etwa vorhandene Bemalung geachtet, damit durch das Abbürsten nicht die etwa zum Vorschein kommenden Erdfarben mit abgebürstet werden.

Zum Kitten bedient man sich des Fischleims, am besten des amerikanischen, oder des kaltflüssigen Leims (Rezept VI); zum Ergänzen und Ausfüllen der Fugen der Steinpappe (Rezept VII).

Konservirung: Sehr mürbe Stücke werden mit Belmontylöl getränkt oder in Ermangelung dessen mit der Harzlösung (Rezept II). Die Glättung wird durch Tränkung der Oberfläche mit Mohnöl-Benzinlösung (Rezept III) und Bürsten nach dem Trocknen wieder hervorgerufen, ebenso die farbigen Verzierungen.

10. Glas.

Farbiges Glas wird in lauwarmem Wasser vorsichtig abgespült.

Konservirung: Tränkung mit Mohnöl-Benzinlösung (Rezept III), bei starker Verwitterung mit der Harzlösung (Rezept II). Zum Kitten wird Fischleim oder Hausenblase angewendet.

Weisses Glas mit irisirender Schicht erfährt, wenn nicht schon gänzlicher Zerfall droht, jetzt gewöhnlich keine Behandlung.

11. Bernstein

wird wie Glas behandelt.

B. Rezepte.

I. Firniss-Petroleummischung.

Bester Anstreicherfirniss, bestes gereinigtes Petroleum zu gleichen Theilen zu mischen.

II. Harzlösung.

15 g Dammarharz werden in 130 g reinsten Benzins gelöst, dieser Lösung ein Gemenge von 20 g gebleichten Mohnöls und 150 g Terpentinspiritus bester Qualität hinzugesetzt. Letzteres Gemenge ist als solches (nicht die Substanzen einzeln) der Lösung hinzuzusetzen. Bei längerem Stehen wird die Lösung dick, sie muss dann zum Gebrauch wieder mit Benzin, dem etwas Terpentinspiritus zugesetzt ist, genügend verdünnt werden.

III. Mohnöl-Benzinmischung.

20 g gebleichten Mohnöls werden mit 270 g besten gereinigten Benzins gemischt.

IV. Eisensalben.

a) Weisses Wachs wird in Benzin oder Terpentinspiritus gelöst, oder

b) Paraffin wird in Benzin oder Terpentinspiritus gelöst, oder

c) Virginia-Vaselin, oder

d) Belmontylöl (zu haben bei L. Polborn, Berlin S., Kohlenufer 2), oder

e) Cerotin (zu haben bei Dr. Jacobsen, Berlin N., Sellerstrasse 26).

V. Schellacklösung.

Gebleichter Schellack wird in einer reichlichen Menge Alkohol gelöst und der recht dünnflüssigen Lösung ein ganz geringes Quantum (einige Tropfen) Ricinusöl zugesetzt.

VI. Kaltflüssiger Leim, für Knochen und Thongegenstände als Nothbehelf für Fischleim zu verwenden.

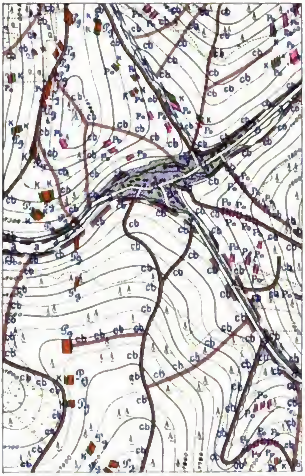
In eine dünnflüssige warme Lösung Kölner Leim wird etwa das Doppelte ihres Volumens arabisches Gummi eingerührt, bis die Masse die Konsistenz des Honigs hat, und dann ein wenig Glycerin zugesetzt.

VII. Steinpappe.

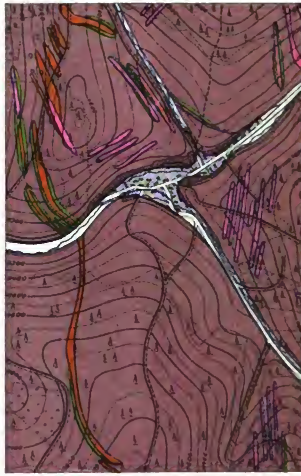
500 g kölnischer Leim werden ziemlich dick eingekocht, hierin 3 Bogen starkes weisses Fliesspapier oder 4 Bogen weisses Seidenpapier, das vorher in möglichst kleine Stücke zerzupft wird, zerrührt, bis das Ganze einen gleichmässigen Brei bildet. Man kocht denselben dann gut durch, fügt unter stetem Umrühren und Kneten mittelst eines dicken Stabes 2½ kg recht fein gesiebte, trockene Schlämmkreide und, nachdem dies Gemisch tüchtig durchgearbeitet ist, 120 g Leinöl hinzu, welches ebenfalls durch tüchtiges Kneten wieder gleichmässig vertheilt werden muss. Um das Faulen des Leims aufzuhalten, setzt man dem Gemisch zuletzt noch 50 g venetianischen Terpentin zu, doch ist dies nicht gerade durchaus erforderlich; tüchtiges, gleichmässiges Durchkneten der Masse ist die Hauptsache.

Alphabetisches Sachregister.

I.

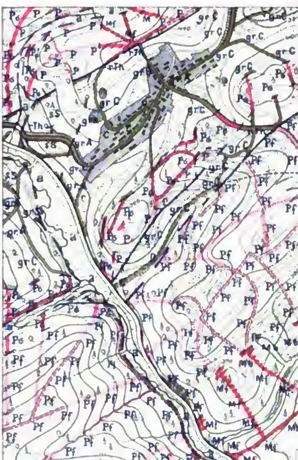


Höhenlinien in Abständen von 50 Preuss. Dec. Fuss.



Höhenlinien in Abstanden von 50 Preuss. Dec. Fuss.

II.



Höhenlinien in Abständen von 5 Meter.



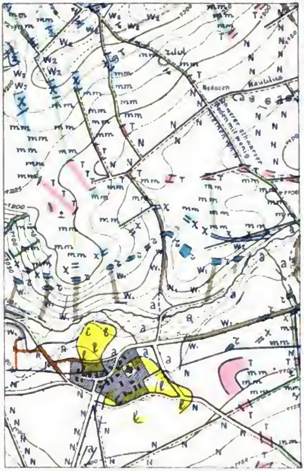
Höhenlinien in Abständen von 5 Meter

Zeichen-Erklärung.	Farben-Erklärung.
	Cambrium.
	Quarzphyllit.
cb - *Kambrischer Quarzphyllit.*	**Gänge von Rothliegendem Alter.**
K - *Kersantit.*	Po *Ortoklasporphyr.*
Po - *Orthoklasporphyr.*	*Glimmerporphyrit.*
$\mathfrak{P}g$ - *Glimmerporphyrit.*	*Kersantit.*
a - *Alluvium.*	**Alluvium.**
	a *Ebener Thalboden der Gewässer.*

Mf - *Melaphyr mit Feldspath.*	**Ergussgesteine.**
Mb - *Melaphyr mit Bastit.*	$\mathfrak{P}b$ *Basischer Porphyrit.*
$\mathfrak{P}f$ - *Porphyrit mit viel Feldspath.*	
$\mathfrak{P}$ - *Porphyrit ohne Feldspath.*	$\mathfrak{P}$ $\mathfrak{P}f$ *Saurer Porphyrit.*
$\mathfrak{P}b$ - *Basischer Porphyrit.*	
rTh - *Rother Thon.*	M *Basaltischer Melaphyr.*
grC - *Graues Konglomerat.*	**Sedimentärgesteine.**
grA - *Graue Arkose.*	rm_1 *Schwarze Schieferthone und graue Arkosen (Lebacher Schichten.)*
C - *Konglomerat.*	
grSt - *Grauer Schieferthon.*	
sS - *Schwarzer Schiefer.*	rm_2 *Graue Arkosen, Konglomerate und Schieferthone (Tholeyer Schichten).*
a - *Alluvium.*	
⁄ - *Verwerfungen.*	
⅄ - *Zeichen für Streichen u. Fallen.*	a *Alluvium.*

Eckstein & Stähle, Lith. Anst. Stuttgart

III.



Höhenlinien in Abständen von 25 Preuss. Dec. Fuss.



Höhenlinien in Abständen von 25 Preuss. Dec. Fuss.

IV.



Höhenlinien in Abständen von 5 Meter.



Höhenlinien in Abständen von 5 Meter.

Zeichen-Erklärung.

R	- *Röth.*
W_1	- *Unterer Wellenkalk.*
τ	- *Terebratelkalk.*
W_2	- *Oberer Wellenkalk.*
x	- *Schaumkalk.*
mm	- *Mittlerer Muschelkalk.*
zdol	- *Zellendolomit.*
T	- *Trochitenkalk* } *des Oberen Muschelkalkes.*
N	- *Nodosenschichten* } *des Oberen Muschelkalkes.*
ℓ	- *Lehm.*
a	- *Alluvium.*
/	- *Verwerfung.*
⑥	- *Vorkommen v. Versteinerungen. Schneckenreichthum i. Alluvium*
∡	- *Zeichen für Streichen u. Fallen.*

Farben-Erklärung.

Trias.

	Röth.
mu_1	*Unterer Wellenkalk.*
τ	*Bänke mit Terebratula vulgaris.*
mu_2	*Oberer Wellenkalk.*
x	*Schaumkalkbänke.*
mm	*Mittlerer Muschelkalk.*
mo_1	*Oberer Muschelkalk Trochitenkalk.*
mo_2	*Oberer Muschelkalk. Schichten mit Ceratites nodosus.*

Diluvium.

d	*Lehm.*

Alluvium.

a	*Ebener Thalboden der Gewässer.*

S	- *Sand.*
LS	- *Lehmiger Sand.*
SL	- *Sandiger Lehm.*
SM	- *Sandiger Mergel.*
L	- *Lehm.*
TS	- *Thoniger Sand.*
T	- *Thon.*
H	- *Humus (Torf)*
SH	- *Sandiger Humus (Moorerde).*
∴	*Vorkommen kleiner Steine im Thalsande.*
–	*Moorerde.*
=	*Torf.*

Diluvium.

	Thalsand.
∂h	*Oberer Thon (Deckthon).*
	Oberer Geschiebemergel.
ds	*Unterer Sand.*
dm	*Unterer Geschiebemergel.*

Alluvium.

ah	*Moorerde.*
at	*Torf.*

Eckstein & Stähle, Lith. Anst., Stuttgart.